

BULLETIN
DE LA
SOCIÉTÉ GÉOLOGIQUE
DE FRANCE

Publié avec le concours
du CENTRE NATIONAL DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE

CETTE SOCIÉTÉ, FONDÉE LE 17 MARS 1830,
A ÉTÉ AUTORISÉE ET RECONNUE COMME ÉTABLISSEMENT D'UTILITÉ PUBLIQUE
PAR ORDONNANCE DU 3 AVRIL 1832.

CINQUIÈME SÉRIE

TOME DIX-SEPTIÈME

FASCICULE 7-8-9

Feuilles 28 à 38 — Planches XIV-XXVI

19 figures dans le texte

PARIS
SOCIÉTÉ GÉOLOGIQUE DE FRANCE
28, rue Serpente, VI

COMPTE DE CHÈQUES POSTAUX PARIS, N^o 173-72

Téléph. : DANTON 90-61

1948

SOCIÉTÉ GÉOLOGIQUE DE FRANCE

FONDÉE LE 17 MARS 1830.

Établissement d'Utilité Publique, reconnu par Ordonnance du 3 avril 1832.

EXTRAITS DU RÈGLEMENT

ART. 2. — L'objet de la Société est de concourir à l'avancement de la Géologie en général et particulièrement de faire connaître le sol de la France, tant en lui-même que dans ses rapports avec les Arts industriels et l'Agriculture.

ART. 3. — Le nombre des membres de la Société est illimité. Les Français et les Étrangers peuvent également en faire partie. Il n'existe aucune distinction entre les membres.

ART. 42. — Pour assister aux séances, les personnes étrangères à la Société doivent être présentées chaque fois par un de ses membres.

ART. 46. — Aucune communication ou discussion ne peut avoir lieu sur des objets étrangers à la Géologie ou aux Sciences qui s'y rattachent.

ART. 48. — Chaque année, de juillet à novembre, la Société tiendra une ou plusieurs séances extraordinaires sur un point qui aura été préalablement déterminé.

ART. 55. — Tous les travaux destinés à l'impression doivent être inédits et avoir été présentés à une séance.

ART. 75. — Les auteurs reçoivent 50 tirages à part de leurs communications insérées au *Bulletin* : ils peuvent en outre en faire faire à leurs frais, en passant par l'intermédiaire du Secrétariat.

AVANTAGES ACCORDÉS AUX MEMBRES

Les membres de la Société reçoivent *gratuitement* les **Comptes rendus des séances et le Bulletin**.

Le service de la **Bibliographie des Sciences géologiques** n'est fait qu'aux membres qui envoient 350 fr. par an pour les frais de port et de manutention.

Les membres peuvent utiliser le prêt des livres à *domicile* (cautionnement 300 fr.).

Ils peuvent *achefer* à la Société : 1° avec une remise de 50 %, les **Comptes rendus et les Bulletins**, la **Bibliographie** ; 2° avec une rem. de 20 %, les **Mémoires de Géologie** (par mémoire), les **Mémoires de Paléontologie** (par mémoires séparés), les **Mémoires** (nouvelle série) par souscription au volume ou par mémoires séparés.

La Société met également en vente les ouvrages de Fontannes et de Cossmann. Catalogue et prix sur demande.

1. La remise ne s'applique que pour un seul exemplaire. Elle ne s'applique pas aux séries complètes, mises en réserve, qui ne sont vendues qu'après décision spéciale du Conseil.

CONDITIONS D'ADMISSION

Être présenté à une séance de la Société par deux de ses membres qui auront signé la présentation et avoir été proclamé dans la séance suivante (art. 4 du Règlement).

À défaut de deux parrains, adresser au Secrétariat un exposé de titres et références.

Cotisation : 500 francs par an.

Pour tous renseignements, achats et abonnements, s'adresser *impersonnellement* au Secrétaire de la Société, 28, rue Serpente, Paris, VI*.

BANDES SIPHONALES, PILIERS ET SIPHONS DES RUDISTES

PAR Colette Dechaseaux¹.

Certains Rudistes : *Requienia*, *Toucasia*, Radiolitidés ont à la surface de leur coquille deux bandes longitudinales dont l'ornementation est différente de celle du reste de la valve : ce sont les « bandes siphonales » ; les Hippuritidés présentent à la place de ces bandes, deux sillons qui correspondent aux « piliers ».

La corrélation éventuelle entre l'appareil constitué par les bandes siphonales — ou par les piliers — et les siphons est un problème particulièrement difficile à résoudre. Il a souvent été abordé par les paléontologistes, mais il ne semble pas que l'on soit arrivé, jusqu'à présent, à une solution très satisfaisante.

Cette étude envisage le problème à plusieurs points de vue ayant trait à la morphologie et à la structure de la coquille de Lamellibranches vivants et de Rudistes² d'une part, à la biologie des Rudistes d'autre part. Si elle n'aboutit pas à une solution positive et définitive, du moins élimine-t-elle la croyance, admise jusqu'aujourd'hui, en l'existence de longs siphons chez les Rudistes.

Avant d'aborder directement ce problème, il est nécessaire de le poser de manière précise et pour cela de l'évoquer d'un point de vue historique en exposant les diverses solutions proposées par les auteurs.

I. — ÉTAT ACTUEL DE LA QUESTION.

Définition des bandes siphonales. — C'est à H. Douvillé qu'on doit la définition des bandes siphonales. En 1885, dans un « Essai sur la morphologie des Rudistes »³, il observe chez *Spherulites* deux inflexions des lames externes du test, qu'il nomme E et S. Ayant constaté d'autre part une analogie entre *Heterodicerias*, *Plagioptychus*, *Caprotina*, puis entre *Caprotina* et *Spherulites*, il est conduit à supposer que les animaux de ces différentes formes

1. Note présentée à la séance du 16 juin 1947.

2. Il ne sera pas question des Radiolitidés qui feront l'objet d'un mémoire spécial.

3. H. DOUVILLÉ. Essai sur la morphologie des Rudistes. *B. S. G. F.* (3), XIV, 1885-1886, p. 389.

30 août 1948.

Bull. Soc. Géol. Fr. (5), XVII. — 28

devaient avoir la même constitution et, par suite, se rapprocher beaucoup de *Chama* ; en particulier, ils devaient présenter selon toute probabilité, trois ouvertures du manteau : une ouverture anale dans le voisinage du muscle postérieur, une ouverture respiratoire un peu plus loin, et une ouverture pédieuse rejetée dans le voisinage du muscle antérieur et peu développée puisqu'il s'agit de Lamellibranches fixés. Les bords du manteau qui correspondent aux deux ouvertures principales ont une structure différenciée qui ne se traduit généralement pas dans les lames externes du test qui ne présente alors aucune modification particulière. Si ces lames offrent un changement de forme ou d'ornementation, il a lieu là où le manteau est différencié, c'est-à-dire en face des ouvertures anale et respiratoire ; c'est le cas de *Spherulites*, et Douvillé de conclure : « nous serons en droit de dire que c'est précisément à ces deux ouvertures que correspondent les deux inflexions observées dans les lames externes du test de ces coquilles ». La superposition de telles inflexions le long de la coquille dessine les deux bandes E et S ; E est la bande qui correspond à l'ouverture respiratoire, S celle qui correspond à l'ouverture anale.

De telles bandes siphonales sont observées sur la valve gauche de *Requienia*, *Toucasia* ; sur la valve droite de *Monopleura*, *Horio-pleura* et du groupe des Radiolitidés. Leur ornementation sert de caractères génériques et c'est sur ses modalités qu'est basée la classification.

Interprétation des piliers des Hippuritidés. — Cette notion de bandes siphonales prend une plus grande importance quand les auteurs l'utilisent pour interpréter les piliers des Hippurites.

C'est encore H. Douvillé qui fait ce rapprochement en 1886 ; le pilier le plus voisin du muscle postérieur est nommé S, l'autre E ; il trouve une confirmation de ses vues dans l'existence des oscules de la valve gauche qui sont localisées au sommet des piliers. Douvillé cherche en outre à expliquer comment les piliers se forment et il conclut qu'ils « sont une conséquence des connexions qui existent entre les diverses parties de l'appareil cardinal : la dent antérieure est dans le voisinage du muscle antérieur, la dent médiane a une tendance à s'appuyer sur la dent antérieure d'une part et sur la dent postérieure d'autre part, tandis que le ligament est lié essentiellement à la dent postérieure. Le muscle postérieur ne s'écarte pas de la dent postérieure ; il porte sur son bord interne le ganglion postérieur dans la dépendance duquel se trouvent les deux ouvertures du man-

teau (ouvertures siphonales). Quand une extrémité de l'appareil cardinal est maintenue fixée, les autres parties sont gênées dans leur développement, les parties du bord de la coquille qui sont dans leur dépendance, c'est-à-dire l'insertion du ligament et les ouvertures siphonales, s'élargissent moins vite que les autres. Il en résulte un renflement du bord, puis une dépression des couches externes qui s'accroît de plus en plus et finit par donner un repli, c'est ainsi que l'arête ligamentaire et les piliers se forment ». Douvillé a toujours maintenu cette opinion et, en 1935, dans une note générale sur l'évolution des Rudistes¹, il s'exprime à peu près dans les mêmes termes.

Avant les travaux de H. Douvillé, et dès le début des recherches sur les Rudistes, plusieurs interprétations avaient été suggérées. En 1825, Deshayes² supposait que « l'intervalle des crêtes saillantes qui descend dans toute la longueur des Hippurites est destiné à une impression musculaire ». Il ne savait pas où se trouvait la deuxième impression musculaire, ni même si elle existait. Il supposait que le manteau était largement ouvert.

En 1855, Woodward³ décrivait plusieurs espèces d'Hippurites. Il reconnaissait à l'intérieur de la valve droite trois inflexions, la première est l'inflexion ligamentaire, le repli le plus proche de l'arête ligamentaire correspond à l'insertion musculaire postérieure et représente ainsi la lame qui supporte ce muscle, l'attache était sur le côté interne de cette saillie, elle correspondait ainsi à la lame myophore des *Diceras* jurassiques et des *Cardilia* de l'époque actuelle ; Woodward pensait qu'il serait possible que le troisième repli marquât la crête qui indique la division des orifices siphonaux tels qu'on les connaît chez *Leda* et *Trigonia aliformis*.

La même année Bayle⁴ interprétait les trois crêtes qui font saillie dans la valve inférieure des Hippurites de la manière suivante : ces trois crêtes correspondent aux trois sillons externes du test, l'une est l'arête cardinale, ainsi nommée à cause de la position qu'elle occupe par rapport à la charnière ; elle est produite par une portion repliée du manteau ; les deux autres sont les piliers dont la structure est analogue à celle de l'arête cardi-

1. H. DOUVILLÉ. Les Rudistes et leur évolution, *B. S. G. F.* (5), V, 1935, p. 319.

2. DESHAYES. Notes sur le genre *Hippurites*. *Nouv. Bull. Philom.*, Paris 1825, p. 26. — Quelques observations sur les genres *Hippurites* et *Radiolites*. *Ann. Sc. Nat.*, t. 5, 1825, p. 205.

3. WOODWARD. On the structure and affinities of *Hippuritidae*. *Quart. Journ.*, 1855, part II, p. 40.

4. BAYLE. Observations sur la coquille des Hippurites suivies de quelques remarques sur les Radiolites. *B. S. G. F.* (2), XII, 1855, p. 772.

nale. Bayle n'admet pas l'interprétation de Woodward, car selon lui les deux insertions musculaires sont là où actuellement on localise le muscle antérieur ; il précise que l'animal des Hippurites étant inconnu on ne peut savoir si le manteau était largement ouvert ou si quelques brides y déterminaient deux ou trois ouvertures distinctes.

Les connaissances sur les Rudistes étaient à ce stade quand H. Douvillé a commencé la série de ses importants travaux sur ce groupe et a admis, ainsi qu'on l'a vu, par analogie avec ce que l'on connaît chez les Chames, l'existence de deux siphons correspondant aux piliers.

En 1924, Anthony reprenait cette question à propos de l'étude d'un moule artificiel complet d'*Hippurites radiosus* qu'il avait préparé¹. Tout en admettant, avec H. Douvillé, l'existence de deux siphons, Anthony interprétait différemment les piliers ; il supposait que l'orifice inspiratoire E correspondait à la partie du limbe située ventralement par rapport au pilier ventral et l'orifice expirateur S à la partie du limbe intermédiaire entre les deux piliers. Il basait cette affirmation sur le fait que les piliers correspondant à des inflexions du bord du manteau, convexes vers le centre de la coquille, il paraissait difficile d'admettre que l'orifice de sortie, c'est-à-dire celui par lequel passe un courant allant de l'intérieur vers l'extérieur soit en saillie vers l'intérieur. Ceci supposait que les oscules n'avaient pas joué de rôle primordial dans la circulation de l'eau. Ch. Jacob², souligna, en 1939, la logique d'une telle interprétation.

A partir de 1922, Klinghardt et Wiontzek émirent une nouvelle hypothèse³. Étudiant les lames minces pratiquées dans des sections transversales d'Hippurites, ils crurent y voir des cavités qu'ils interprétèrent comme les orifices de tuyaux parcourant tout le pilier dans sa longueur et auxquels ils donnèrent le nom d'orifices des « tuyaux siphonaux ». Une telle morphologie supposait l'existence de siphons verticaux.

Par ailleurs, C. Milovanović en Yougoslavie et Oth. Kühn en Allemagne⁴, poursuivant une étude similaire, contestèrent les résultats précédents et déclarèrent formellement que les piliers ne sont pas des tuyaux siphonaux. Les cavités qu'on y observe

1. R. ANTHONY. Étude d'un moule artificiel complet d'*Hippurites radiosus*. *Arch. Zool. expérim.*, t. 62, 1924, p. 327.

2. CH. JACOB. La vie et l'œuvre de Henri Douvillé. 1846-1937. *B. S. G. F.* (5), IX, 1939, p. 323.

3. F. KLINGHARDT H. WIONTZEK. Bibliographie in C. DECHASEAUX. Les Rudistes. *Rev. Scient.*, n° 3221, juin 1942, p. 217.

4. B. MILOVANOVIĆ, OTH. KÜHN, *ibid.*

parfois sont de formation secondaire et datent de la fossilisation. Les piliers sont des replis intérieurs de la couche externe ; en particulier, il n'y a aucune différence de constitution entre les piliers des Hippurites et les nombreux replis des *Pironea*.

Si ces auteurs sont très affirmatifs sur la structure des piliers, ils le sont moins sur le problème des siphons. Kühn pense qu'ils étaient peu développés et qu'ils n'avaient sans doute pas une position verticale comme l'imaginent Klinghardt et Wiontzek ; ils étaient peut-être inclinés ou même horizontaux. Milovanović met en doute leur existence en se basant sur le fait que, pour que l'eau puisse pénétrer jusqu'au manteau quand les valves sont fermées il suffisait que le manteau possédât, au niveau de chaque canal de la valve supérieure des prolongements spéciaux. Il suppose un manteau aux bords libres comme chez *Ostrea* ; il exprime ainsi, à plus d'un siècle d'intervalle, l'opinion formulée par Deshayes en 1825.

Tel est l'état actuel de la question : Klinghardt et Wiontzek affirment qu'il y avait des siphons qui pénétraient dans les piliers des Hippuritidés qui constituent alors de véritables « tuyaux siphonnux » ; Kühn et Milovanović précisent que les piliers sont produits par des replis du manteau et qu'ils sont compacts. Kühn admet l'existence de siphons courts. Milovanović pense qu'il n'y en avait pas.

II. — LE PROBLÈME DES SIPHONS.

Les travaux de Kühn et Milovanović apportent une précieuse contribution à la connaissance de la structure des piliers ; leurs conclusions au sujet des siphons sont plus incertaines et le problème mérite d'être repris. A cet effet, je me propose de passer rapidement en revue les Lamellibranches siphonnés actuels afin d'établir si on connaît des différenciations comparables à celles présentées par les Rudistes, ce qui permettra de juger la valeur des affirmations qui ont servi à H. Douvillé pour établir la notion de bandes siphonales ; d'essayer de déduire de la morphologie des Rudistes et de leur biologie quelques arguments susceptibles d'esquisser une solution plausible de ce problème.

Lamellibranches actuels siphonnés. — De nombreux Lamellibranches possèdent un manteau fermé, sauf en trois points correspondant au passage du pied et aux orifices d'entrée et de sortie de l'eau respectivement appelés : orifice branchial et orifice anal. Ces deux ouvertures peuvent résulter de l'écartement des deux lobes du manteau ; elles sont alors dites « sessiles » (ex. *Isocar-*

dia), ou légèrement saillantes (ex. *Chama*), ou situées à l'extrémité de siphons plus ou moins longs, rétractiles ou non.

La ligne palléale des Lamellibranches siphonnés, et sous cette dénomination on désigne ceux munis de longs siphons, tels qu'on les connaît chez les Solénomyidés, Lédidés, Vénéridés, Limnocardiidés, Pétricolidés, Mésodesmatidés, Mactridés, Donacidés, Psammobiidés, Scrobicularidés, Tellinidés, Pleuromyidés, Solénidés, Panopéidés, Corbulidés, Myidés, Gastrochænidés, Pholadidés, Térédinidés, Pholadomyidés, Anatinidés, Clavagellidés, présente un sinus bien marqué. Il est la trace de l'insertion des muscles rétracteurs des siphons ; il est donc absent quand les siphons ne sont pas rétractiles comme chez les Cyrénellidés, ou quand ils sont protégés par des prolongements de la coquille comme chez *Cuspidaria*.

La ligne palléale des Lamellibranches munis de courts siphons est entière (ex. *Cardium*, Astartidés).

Les longs siphons sont par excellence des organes liés au mode de vie : ils existent chez tous les Lamellibranches qui sont enfouis dans le sable, la vase ou un corps quelconque, donc chez ceux qui ne sont pas directement plongés dans le milieu aquatique. L'extrémité des siphons affleure alors à la surface du sol et c'est par elle que l'eau pénètre dans la cavité branchiale : il y a généralement un orifice d'entrée et un orifice de sortie, ce qui fait que l'eau est renouvelée dans la cavité de l'animal.

L'existence de tels organes, qui sont liés aux conditions d'habitat est, par définition, une adaptation fonctionnelle. On ne connaît pas dans la nature actuelle d'exemples de Lamellibranches qui possèdent de longs siphons et qui ne vivent pas enfouis. Les Lamellibranches à siphons courts ont une vie libre ; ils se déplacent en rampant sur leur pied ; quelques-uns, très rares, et parmi eux les *Chama*, sont fixés.

Ces faits étant rappelés, on peut avant d'aborder le problème même des siphons et des bandes siphonales, essayer de voir dans quelle mesure les hypothèses de H. Douvillé sont justifiées.

Critique des hypothèses de H. Douvillé. On a vu que H. Douvillé évoque une différenciation du manteau correspondant aux deux ouvertures principales. En réalité, la seule caractéristique de ces régions consiste en une localisation des papilles sensorielles sur les bords des siphons ; les yeux peuvent y exister, ce sont de simples cellules pigmentées ou de véritables yeux ; un organe des sens de type ganglion, dit « ganglion siphonal », y est généralement présent.

Après avoir mis en cause cette différenciation du manteau au niveau des siphons, H. Douvillé, tout en reconnaissant que souvent elle ne correspond à aucun caractère particulier de la coquille, ajoute : « si les lames externes offrent un changement de forme ou d'ornementation, il a lieu là où le manteau est différencié, c'est-à-dire en face des ouvertures anale et respiratoire ». Il y a peu de Lamellibranches dont la coquille offre ainsi des régions d'ornementation spéciale et quand elles existent, elles sont sans relation avec les régions siphonales. *Modiolaria*, par exemple, a sur les régions antérieure et postérieure de la coquille des côtes rayonnantes, tandis que la partie médiane est lisse, or le manteau est ouvert. *Protocardia*, qui a de courts siphons réunis à la base, a des stries concentriques sur la partie antérieure de la coquille et de fortes côtes dans la région postérieure, mais, ici encore, ces zones ne correspondent pas aux ouvertures du manteau ; on pourrait multiplier de tels exemples.

L'observation des Lamellibranches actuels apporte ainsi des données qui, bien qu'on ne puisse pas en faire grand état puisqu'elles sont négatives, n'en montrent pas moins que les affirmations posées par H. Douvillé à la base de ses déductions ne s'appuient sur aucune observation de fait, et sont plutôt des vues de l'esprit.

Je rappellerai enfin, pour mémoire, que la première idée d'un manteau fermé sauf en trois points est née du rapprochement Rudistes-Chamidés. Si la croyance en l'existence d'une telle parenté est complètement abandonnée, la notion de bandes siphonales a survécu.

Discussion du problème : présence ou absence desiphons? Le problème de l'existence ou de l'absence de siphons va être étudié à partir d'observations qui se rapportent à la morphologie de la coquille : ligne palléale des premiers Rudistes à bandes siphonales, structure des piliers des Hippuritidés ; à la biologie des Rudistes : mode d'ouverture de la coquille, circulation de l'eau, genre de vie.

MORPHOLOGIE DE LA COQUILLE. a) *Ligne palléale.* Les bandes siphonales existent, ainsi qu'on l'a vu, sur la valve gauche de *Requienia*, *Toucasia*, sur la valve droite de *Monopleura*, *Horio-pleura* etc.

Ce sont les *Requienia* et les *Monopleura* qui, pour la première fois au cours de l'histoire des Rudistes, montrent une telle différenciation. Chez *Requienia*, les bandes sont constituées de la

manière suivante : une bande médiane est en saillie, deux bandes latérales sont planes ou légèrement concaves, toutes les trois sont accentuées par des sinuosités particulières des stries d'accroissement. L'intérieur de la coquille est parfaitement lisse, les bandes siphonales correspondent uniquement à des variations d'épaisseur du test, en particulier la ligne palléale, toujours bien marquée, est entière, sans aucune amorce de sinus.

Les Lamellibranches actuels nous apprennent qu'une telle empreinte indique l'absence de longs siphons rétractiles ; plusieurs possibilités peuvent alors lui correspondre : siphons longs et non rétractiles, siphons courts ou pas de siphons.

Les siphons longs et non rétractiles sont exceptionnels : on les connaît dans la famille des Cyrénellidés, chez quelques *Sphaerium*, chez les Lucinidés. La coquille des *Requienia* est hermétiquement fermée, ce qui rend impossible l'existence de longs siphons faisant toujours saillie au dehors. Il reste donc deux solutions possibles : il y avait des siphons courts, c'est-à-dire des orifices anal et branchial plus ou moins sessiles, ou bien il n'y avait pas de siphon et le manteau était ouvert.

Le seul examen de la ligne palléale ne permet pas de choisir entre ces deux possibilités.

b) *Structure des piliers*. Chez les Hippuritidés, à la place des bandes siphonales, il y a deux sillons qui correspondent aux piliers, ou trois sillons quand l'arête ligamentaire existe. On connaît cependant des espèces dépourvues de piliers comme *H. Arnaudi*, ou à piliers peu marqués telles que *H. Bayani*, *H. variabilis* ; de petites formes de Madagascar¹ ont trois ou quatre piliers selon le niveau où est pratiquée la section transversale observée, enfin le groupe des Hippurites dites à « replis multiples » présente tout autour de la cavité des replis. Cette rapide énumération montre que tous les intermédiaires existent entre les Hippurites sans piliers, ou à plus de deux piliers, de même qu'entre celles ayant des replis très saillants et pas saillants du tout.

Milovanović et Oth. Kühn ont étudié en détail la constitution de ces piliers et replis au moyen de coupes transversales, longitudinales, tangentielles examinées en lames minces au microscope. Les résultats auxquels ils parviennent sont extrêmement intéressants : les piliers sont formés par des replis de la couche

1. Il s'agit de *Tetracionites mozambicus* ASTRE ; quelques échantillons récemment communiqués par M. HOURCO, à qui on doit la découverte de cette espèce, m'ont permis d'établir qu'il n'y a aucune constance dans le nombre et la forme des replis.

externe du test ; ils comportent les mêmes lamelles ; leur structure est compacte ; ils ne se distinguent en rien des nombreux replis des Hippurites dites « à replis multiples ».

La structure des replis (piliers ou autres replis), les divers degrés observés dans leur développement, montre qu'il y a indépendance entre ces formations et le type d'organisation auquel appartiennent les Hippurites. Précisons que par type d'organisation, j'entends, dans le cas étudié, la morphologie du manteau : manteau ouvert ou manteau fermé sauf en une ou plusieurs régions, orifices sessiles ou portés à l'extrémité de siphons. La présence de piliers ne saurait être prise, à mon avis, comme argument pour confirmer ou infirmer l'existence de longs siphons ; il s'agit en fait de deux caractères différents et sans corrélation. Tout au plus l'existence d'un test à replis peut-elle suggérer la présence de plissements sur le bord du manteau.

On peut remarquer que tous les auteurs ont cherché à attribuer un rôle aux piliers. Est-il besoin de rappeler que tous les organes observés chez un être vivant ne sont pas forcément utiles ; du moment qu'ils ne sont pas nuisibles, ils peuvent exister : « tout ce qui peut être, est. »

BIOLOGIE DES RUDISTES. a) *Mode d'ouverture de la coquille.* Le mécanisme d'ouverture et de fermeture des valves d'un Lamellibranche normal est très simple. Les muscles adducteurs insérés sur la paroi interne des valves se contractent et rapprochent les valves ; quand elles sont ainsi fermées par contraction des muscles, le ligament est, suivant sa position externe ou interne, distendu ou comprimé. Si les muscles cessent d'agir, le ligament qui est élastique reprend ses dimensions normales et les valves s'écartent en pivotant autour de lui. L'ouverture d'un Lamellibranche est donc un phénomène passif, aussi les Lamellibranches morts ont-ils leurs valves écartées.

Un Lamellibranche muni de longs siphons entrebâille sa coquille dans la région postérieure : les siphons sortent et le courant d'eau s'établit ; parfois, et c'est le cas le plus fréquent, la coquille est bâillante.

Un Rudiste très spécialisé comme une Hippurite, est construit de telle façon que la valve libre est un véritable opercule qui ferme la valve fixée ; les deux valves sont à peine réunies par le ligament qui est inséré à l'intérieur de la coquille ; le ligament est d'ailleurs souvent absent ce qui entraîne l'indépendance des deux valves l'une par rapport à l'autre. Les dents et les apophyses myophores de la valve gauche sont de longues lames verticales

qui s'enfoncent dans des fossettes et des cavités creusées dans la valve droite. Avec une semblable organisation, le mouvement de bascule décrit précédemment chez un Lamellibranche normal est impossible ; pour que les valves s'écartent l'une de l'autre, il n'y a qu'un moyen, il faut que la valve gauche se soulève au-dessus de la valve inférieure fixée. Les bords du manteau baignent alors dans l'eau qui peut entrer dans la cavité branchiale. L'existence de longs siphons paraît contradictoire avec un manteau entièrement plongé dans l'eau¹.

Une fois de plus, on se trouve en présence d'un argument qui s'oppose à l'existence de longs siphons.

Beaucoup de paléontologistes ont pensé que les siphons d'une Hippurite affleuraient par les oscules de la valve supérieure, situés exactement au-dessus des piliers, ces oscules corrigeant par leur présence la fermeture de la valve.

Plusieurs remarques me laissent supposer qu'il ne devait pas en être ainsi : dans l'hypothèse d'une sortie des siphons ou d'un affleurement au niveau des oscules, on admet implicitement qu'il y avait d'assez longs siphons parallèles aux piliers contre lesquels ils s'appuyaient, or, on a vu qu'aucun fait ne permettait jusqu'à présent d'affirmer que les siphons étaient ainsi construits. Les oscules sont fermés, au moins partiellement, chez les vieux individus, leur rôle ne devait donc pas être fondamental. Cette remarque est corroborée par le fait que piliers et oscules ne sont pas des formations constantes ; ces organes ne semblent donc pas avoir été indispensables pour assurer la circulation de l'eau.

b) *Mode de vie des Rudistes*. On a beaucoup écrit sur le mode de vie des Rudistes et tous les auteurs sont d'accord pour dire que les Rudistes étaient des animaux coloniaux de la province méditerranéenne, qu'ils caractérisaient des dépôts peu profonds, dans des eaux de température assez élevée, pures, c'est-à-dire situées loin de tout apport détritique, et peut-être agitées.

Il est possible de préciser cette esquisse, un peu schématique, grâce à l'observation de quelques gisements de Rudistes dans lesquels les Rudistes ont été fossilisés sur place. De telles observations pouvaient encore être faites il y a quelques années dans certains bancs à Rudistes du Crétacé supérieur des Charentes².

1. On peut objecter à ce raisonnement que les valves de ces Rudistes ne s'écartaient pas, et que la circulation de l'eau était précisément réalisée grâce aux siphons et aux pores de la valve libre. Le grand développement de l'appareil cardinal et des apophyses myophores rend difficile une telle supposition.

2. C. DECHASEAUX. Contribution à l'étude de la biologie des Rudistes. *C. R. somm. S. G. F.*, Paris, 1943, p. 212-214.

Hippuritidés et Radiolitidés vivaient dressés côte à côte, plusieurs individus de même espèce étant parfois accolés les uns aux autres, formant ainsi des bouquets ou des touffes plus ou moins compactes. Les espèces de même taille sont souvent dans les mêmes bancs : on observe ainsi des lits exclusivement composés de *Biradiolites lumbricalis*. Dans la région observée, il n'y a aucun autre organisme ; la masse des bancs est uniquement pétrie de Rudistes.

Il existe d'autres régions où, aux Rudistes, est associée toute une faune comprenant des Polypiers, des Foraminifères, des Algues, en d'autres termes, les Hippuritidés et les Radiolitidés font, dans ce cas, partie d'une faune banale de récifs à Polypiers ; c'est d'ailleurs à cause de l'existence de telles associations qu'on a conclu et généralisé, un peu trop rapidement, que les Rudistes avaient le même mode de vie que les Polypiers.

De ces observations on peut dégager les caractères généraux suivants : les Rudistes à piliers, c'est-à-dire la plupart des Hippuritidés étaient toujours fixés ; ils vivaient en colonies, associés ou non à une faune de récifs à Polypiers.

Les Hippurites sans piliers vivaient comme les formes précédentes, dans les mêmes conditions ; donc des formes qui ont le même mode de vie ont une organisation différente ; en particulier il n'y a ni pilier, ni oscule chez certaines Hippurites, ce qui confirme bien que ce ne sont pas des organes indispensables à la vie de l'animal.

On a vu d'autre part, au début de cette étude, que les siphons sont par excellence des organes d'adaptation à un mode de vie cavicole. Les Rudistes étudiés ne sont pas des cavicoles, ils vivent fixés dans une eau pure, ce qui exclut l'existence de longs siphons.

En résumé, qu'il s'agisse de l'examen de la ligne palléale, de l'étude de la structure des piliers, de la reconstitution du mode d'ouverture de la coquille ou des conditions de vie des Rudistes, on est toujours conduit à éliminer l'hypothèse de l'existence de longs siphons.

On n'a, par contre, dans l'état actuel de nos connaissances, aucune donnée qui permette de choisir entre un manteau largement ouvert ou un manteau fermé sauf dans les deux régions correspondant à l'entrée et à la sortie de l'eau.

NOTE SUR LE CUISIEN DE LA RÉGION DE GISORS (EURE) ¹.PAR L. Feugueur ².

I. — Historique.

Munier-Chalmas [1] a montré, dans la sablière du Mont de Magny, l'existence de sables fossilifères à *Nummulites planulatus-elegans* LMK., surmontés des sables calcaires à *Nummulites laevigatus* LMK., après intercalation d'un banc calcaire à *Turritella Solanderi* MAY-EYM. = *T. edita* DESH. et à *Velates Schmiedeli* provenant du ravinement de niveaux inférieurs du Cuisien, préalablement démantelés et arasés. P. A. Fritel [2] indique dans son Guide géologique la présence de sable calcaire fossilifère d'âge lutétien, au sommet de la sablière, surmontant un sable fauve fossilifère avec banc calcaire démantelé (moules de *Velates Schmiedeli*) et à la base un banc de *Nummulites* réunies par un ciment gréseux. Par ailleurs le même auteur [3] indique la présence aux environs de Gisors de l'horizon moyen du Cuisien sous forme d'un banc calcaire. Cet auteur indique que « ce banc affleure sur tout le pourtour de la colline d'Hérouval, sur le flanc opposé duquel le Cuisien supérieur est représenté par le gisement classique du bois des Brouillards ». R. Abrard [4, p. 97-98] cite P. H. Fritel [2]. Enfin P. Lemoine [6, p. 289] renvoie à Munier-Chalmas [1].

Deux faits semblent bien établis :

1° la présence de sables fossilifères cuisien surmontés de sables calcaires fossilifères d'âge lutétien ;

2° la présence d'un banc calcaréo-sableux à *Turritella Solanderi* et *Velates Schmiedeli* d'âge cuisien, démantelé, provenant soit de niveaux inférieurs pour Munier-Chalmas [1], soit de l'horizon moyen, pour P. H. Fritel [3]. C'est avec des documents nouveaux en ce qui concerne le niveau d'Hérouval et par quelques courses dans cette région que je propose de revoir l'âge de ce calcaire.

1. Feuille de Rouen, n° 31, quart SE.

2. Note présentée à la séance du 30 juin 1947.

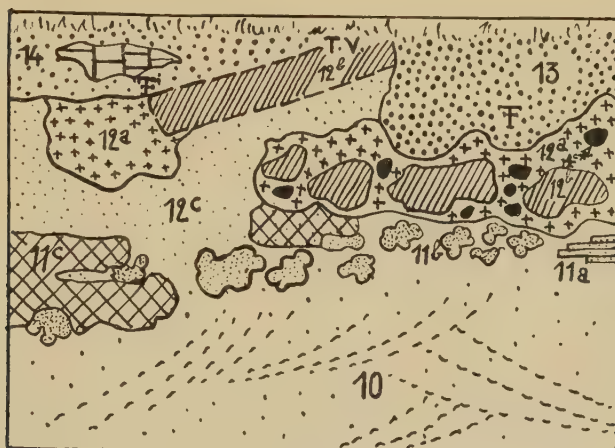
II. — Sablière du Mont de Magny.

Cette sablière nouvellement remise en exploitation m'a permis de faire un relevé assez complet des assises qui montrent de bas en haut la coupe suivante :

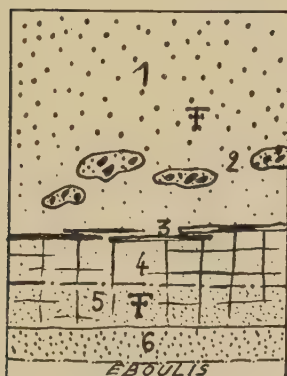
1. — Sable fin jaune roux avec quelques *Nummulites planulatus-elegans* LMK. visible sur..... 0 m 80
2. Banc gréseux pétri de *Nummulites planatus-elegans* et *Alveolina oblonga* avec quelques tubes de *Teredo* et *Ostrea*..... 0 m 70
3. Sable fin pétri de *Nummulites* et *Alvéolines*..... 0 m 80
4. Banc de grès très dur, siliceux, rares *Nummulites*, épaisseur variable..... 0 m 10 à 0 m 40
5. Sable gris, blanc sans coquilles 0 m 40
6. Banc de grès dur siliceux 0 m 10
7. Sable gris sans coquilles, passant latéralement à un banc de grès de 0 m 80. 1 m 30
8. Sable fossilifère gris à *Nummulites planulatus-elegans* LMK., *Alveolina oblonga*, *Uteria encrinella* MICH., *Eoscutum calvimontanum* KLEIN, *Ostrea multicostata* DESCH., Bryozoaires et nombreux fragments de coquilles, l'épaisseur du banc fossilifère varie selon sa position entre les grès 1 m à 2 m
9. Banc de grès dursiliceux en plaquettes ou en bancs épais de 0 m 30 à 0 m 50 1 m 50
10. Sable fin, gris, micacé à stratification entrecroisée avec quelques débris d'Echinodermes, d'*Ostrea* et rares coquilles fragmentées 3 m
11. Mêmesable que 10, mais on note l'apparition de calcaire en plaquettes et des rognons (têtes de chats), souvent très volumineux, avec cassures à faces miroitantes (commencement de cristallisation) de la calcite. Cette couche est variable et présente :
 - 11 a) du sable avec plaquettes calcaires et très tendres,
 - 11 b) têtes de chats volumineuses de plusieurs dm³,
 - 11 c) banc de grès épais avec quelques têtes de chats.
12. Banc irrégulier de calcaire marneux, tendre, sableux, blanc crayeux ou gris terreux avec *Nummulites planulatus-elegans* et *Alveolina oblonga* (12 a). Cette couche repose soit sur les grès (11 c), les sables (11 a) ou les têtes de chats (11 b). Elle passe latéralement à un sable jaune micacé contenant des moules gréseux de *Velates Schmiedeli* (12 c). Cette couche renferme des blocs non en place de grès pétris de *Nummulites planulatus-elegans* et *Alveolina oblonga*¹, ainsi que des nombreux blocs de cal-

1. Figuré en noir sur le croquis A.

caire ou plus exactement des grès à ciment calcaire pétris de moulages de *Turritella Solanderi* (12 b), épaisseur variable. 2 m



A



B



C

FIG. 1.

A. Sommet de la sablière du Mont Magny. — B. Sablière d'Hérrouval. — C. Sommet de la sablière de Boury-en-Vexin.

13. Sable jaunâtre quartzeux, micacé, ravinant la couche 12 dans laquelle il pénètre en poches profondes, ce sable d'origine cuisienne a été remanié au Lutétien inférieur et possède une faune lutétienne : *Turbinolia sulcata*, *Venericardia planicosta* LMK., *Cardium porulosum*? SOL., *Turritella carinifera* DESH., et dents de Squales etc.,

les débris de coquilles sont nombreux mais rarement identifiables, étant presque dissous dans ces sables.

14. Sable calcaire avec endurcissements irréguliers, très fossilifère (faune classique du Lutétien inférieur de la région). On y trouve des galets de grès glauconieux à *Nummulites planulatus-elegans* et même *Uteria encrinella* Mich., et *Alveolina oblonga* d'ORB. provenant certainement du démantèlement du banc de grès glauconieux de l'extrême base du Lutétien (zone II) visible en place à Chaumont-en-Vexin et à Liancourt-Saint-Pierre où il repose sur la zone fossilifère cuisienne (niveau d'Hérouval). On observe aussi des grès roulés d'âge cuisien à *Nummulites planulatus-elegans*, *Alveolina oblonga* (semblables aux grès inférieurs, couche 2) et des *Velates Schmiedeli* (non adultes) provenant vraisemblablement du banc 15.

Les couches 4 à 12 sont cuisienues et 13-14 lutétiennes. On remarque l'absence de la glauconie grossière de la zone I du Lutétien, les nombreux moules de *Velates Schmiedeli* (adultes) dans les sables 12 et des individus non adultes dans les grès calcaires à moules de Turritelles.

III. — Hérouval et Vaudancourt.

Une étude de la sablière d'Hérouval a été faite par L. et J. Morellet en 1935 [5]; ces auteurs ont montré l'âge cuisien des couches qui avaient donné lieu à la conception du « niveau d'Hérouval ». La sablière présente actuellement la coupe suivante :

Terre végétale et brouillis.

1. Sable calcaire glauconieux plus ou moins fossilifère (nos 1 et 2 de L. et J. Morellet) 2 m 50
2. Sable calcaréo-siliceux jaune roux avec lentilles de glauconie et galets roulés de grès verts glauconieux contenant *Nummulites planulatus-elegans*, de même origine probable que les grès roulés du Mont de Magny couche 14 (n° 3 de L. et J. Morellet) 1 m 50
3. Lit peu épais de sable quartzeux avec plaquettes d'argile rose 0 m 10
4. Banc calcaire sableux avec rares rognons de grès à ciment calcaire contenant *Nummulites planulatus-elegans*, identiques aux grès du Mont de Magny couche 12, cette couche contient des filets d'argile brune (n° 4 a de L. et J. Morellet).

5. Banc calcaire sableux pétri de *Turritella Solanderi* et nombreux *Velates Schmiedeli* (adultes), (4 c de L. et J. Morellet).
6. Sable gris roux, quelquefois argileux avec nombreux *Meretrrix humerosa* et des grès (non en place?), pétri de *Nummulites planulatus-elegans* et *Alveolina oblonga* identiques (5 de L. et J. Morellet).
7. Éboulis (6 à 9 de L. et J. Morellet).

Les couches 5 et 6 possèdent une faune cuisienne du niveau d'Hérouval (Morellet L. et J.). [5]. Notons l'apparition du calcaire à ce niveau avec l'abondance de *Turritella Solanderi*, de *Velates Schmiedeli* (adultes) et les grès en blocs épars pétris de Foraminifères ; on est donc en droit d'assimiler l'horizon calcaire à Turritelles et *Velates* du Mont de Magny au niveau d'Hérouval, les gisements sont séparés l'un de l'autre de 3.000 m. Nous allons d'ailleurs retrouver dans la région, ce banc calcaire au sommet des sables cuisiers et tout près du gisement d'Hérouval à Vaudancourt.

Le gisement de Vaudancourt est situé sur la route qui conduit de ce village à Montjavoult et à 1.500 m environ de la sablière d'Hérouval. On y retrouve à la base le banc sableux pétri de *Nummulites planulatus-elegans* associées à *Alveolina oblonga*, ensuite des sables blonds ou gris avec quelques rares coquilles fragmentées et *Ostrea*. Enfin, au sommet on observe des blocs non en place de calcaires endurcis avec de nombreux moulages de *Turritella Solanderi* dans un sable où les Foraminifères sont plus rares.

Ce calcaire ressemble de très près au calcaire grossier du Lutétien.

IV. — Boury-en-Vexin.

L'ancienne sablière signalée par P. H. Fritel [3], aujourd'hui disparue, se trouvait sur l'emplacement du cimetière actuel ; une autre, située au N-E de Boury, dans un petit bois, montre les sables gris du Cuisien, surmontés d'éboulis calcaires dans lesquels on peut voir des calcaires à moulages de *Turritella Solanderi* et d'autres, lithologiquement identiques à *Nummulites laevigatus* Lmk.

C'est au SW du village, sur le flanc méridional du vallon, qu'on peut voir actuellement les couches équivalentes du sommet du Mont de Magny. La sablière est située à 3.000 m à l'W d'Hérouval et à 4.000 m au SW du Mont de Magny, elle présente de bas en haut :

1. Sable fin, blond, micacé avec quelques fragments de coquilles 0 m 50
2. Banc grésifié de *Nummulites planulatus-elegans* et *Alveolina oblonga*.....
3. Sable fin, blond, micacé avec quelques fragments de coquilles 3 m
 - a) grès assez dur à ciment calcaire pétri de moules de *Turritella Solanderi*,
 4. b) calcaire fragmenté, marneux, sableux, démantelé à nombreux moules de *Velates Schmiedeli* (adultes) et quelques grès à *Nummulites planulatus-elegans*,
 - c) calcaire marneux tendre, blanc crayeux,
 - d) calcaire sableux semblable au calcaire d'Hérouval
- (4) avec *Nummulites planulatus-elegans* en place, l'ensemble de ces couches plus ou moins disloquées et démantelées a environ 1 m 50

En dehors de ces localités, P. H. Fritel cite Courcelles-lès-Gisors où ce banc forme des blocs épais de plus d'1 m³, à Mauriaumont et à la ferme de Monthine. Mais, pour cet auteur, ce banc calcaire était d'un âge plus ancien que le niveau d'Hérouval, peut-être à cause de la présence dans celui-ci de grès pétris de Foraminifères qui ne semblent pas en place dans le niveau d'Hérouval, à Hérouval même ?

Partout où l'on peut observer le niveau d'Hérouval en place, Liancourt-Saint-Pierre, Tourly [7], Saint-Gervais près de Magny-en-Vexin [8] ou à Banthelu [9] on n'observe jamais une telle abondance de *Nummulites* et *Alvéolines*, bien au contraire, ces Foraminifères ne forment qu'une infime minorité dans une faune de Mollusques variés et abondants.

Au contraire, dans les couches plus inférieures ils forment une couche gréseuse visible au Mont de Magny, à Vandancourt, à Boury-en-Vexin, Liancourt-Saint-Pierre et à Charmont près de Banthelu où le banc est fortement calcifié [9].

Ces grès sont jaunes et altérés à Liancourt-Saint-Pierre, gris vert à Mont de Magny et rubéfiés à Hérouval où je pense qu'ils sont remaniés avec transformation des grains de glauconie.

Indépendamment de ces grès fragmentés, de nombreuses *Nummulites planulatus-elegans* et *Alveolina oblonga* sont vraisemblablement *in situ*.

On peut résumer ces observations en indiquant que, dans cette région du NW du Vexin, qui est en même temps la limite NW du Tertiaire de l'Ile-de-France, il existe : un banc gréseux constant à *Nummulites* et *Alvéolines* que surmontent plusieurs mètres de sables cuisiers plus ou moins glauconieux avec grès subordonnés.

La présence d'*Eoscutum calvimontanum* COTTEAU associé à l'*Uteria encrinella* MICH. dans un niveau bien inférieur au niveau d'Hérouval où généralement cet Échinide commence à faire son apparition (Morellet, p. 502).

Apparition aussi dès la fin du Cuisien (niveau d'Hérouval) de CO_3Ca en quantité plus ou moins abondante selon la localité, cimentant les sables en grès au Mont de Magny — calcaire tendre, sableux à Hérouval — calcaire grossier à Boury et Vaudancourt.

Ce banc calcaire d'âge cuisien (niveau d'Hérouval) a été démantelé avant l'arrivée de la mer qui a déposé la Zone II du Lutétien ; ce démantèlement coïncide peut-être avec la période pendant laquelle la Zone I du Lutétien s'est déposée ailleurs dans la région.

Enfin, remarquons l'existence d'un banc de grès glauconieux, en place à Liancourt-Saint-Pierre et Chaumont-en-Vexin à la base de la Zone I et sa présence à l'état de galets roulés dans le Lutétien, zone II d'Hérouval et du Mont de Magny.

BIBLIOGRAPHIE

1. 1900. MUNIER-CHALMAS. — Notices sur les excursions dans le bassin tertiaire parisien, aux environs de Gisors. *Cong. géol. Int.*, VIII^e session, Paris, Livret-guide des excursions en France. Bassin tertiaire parisien. Environs de Gisors et de Beauvais.
 2. 1910. P. H. FRITEL. — Guide géologique et paléontologique de la région parisienne dans un rayon de 100 km, 1 vol. in-16, 356 p., 162 fig., 25 cartes, Paris, Deyrolle.
 3. 1912. — Sur la présence aux environs de Gisors de l'horizon moyen du Cuisien sous forme de banc calcaire. *C. R. somm. S. G. F.*, p. 11-12, 1912.
 4. 1925. R. ABRARD. — Le Lutétien du Bassin de Paris, thèse Fac. Sciences de Paris, Angers (1925), 1926.
 5. 1935. L. et J. MORELLET. — Étude sur le niveau d'Hérouval (Oise). *B. S. G. F.* (5), V, p. 499-508.
 6. 1937. H. LEMOINE. — *Mém. Mus. H. Nat.*, t. CLV, fasc. II, Le Vexin français.
 7. 1944. L. FEUGUEUR. — Contribution à l'étude du niveau d'Hérouval (Cuisien) dans le Vexin français. *B. S. G. F.* (5), XIV, 1944, p. 375-380.
 8. 1945. — Coupe à Saint-Gervais (Oise). Présence du niveau d'Hérouval (Cuisien). *Bull. Mus. H. Nat.*, 2^e s., t. XVIII, n^o 3, 1945.
 9. 1946. — Contribution à l'étude du Cuisien dans le Vexin français. *C. R. somm. S. G. F.*, p. 293-294, 1946.
-

PRÉSENCE DE FORAMINIFÈRES DANS LA MEULIÈRE DE BEAUCE

PAR **H. Alimen**¹.

La Meulière de Beauce a toujours été regardée comme une formation essentiellement lacustre, dont les aspects les plus caractéristiques s'observent au sommet des sables stampiens dans la partie septentrionale et centrale du Bassin de Paris, tandis que les faciès méridionaux sont calcaires, avec quelques niveaux silicifiés (Calcaire d'Étampes). Les fossiles macroscopiques de ces formations sont des organismes d'eau douce : Planorbes, Limnées, *Chara*. En plusieurs points il s'y ajoute, il est vrai, *Potamides Lamarcki* BRONG., Gastéropode parfois franchement marin (falun de Pierrefitte, falun d'Ormoy), mais qui se montre, dans la Meulière de Beauce ou le Calcaire d'Étampes, associé à des *Chara*, et même à des *Limnea*, de sorte qu'il convient d'admettre que ce Cérithé a dû s'adapter à des milieux dessalés, peut-être même lacustres. [1, p. 222 ; fig. 35, p. 223 ; fig. 36, p. 225.]

Quant aux microorganismes observés jusqu'ici dans la Meulière de Beauce, ils consistent uniquement, d'après L. Cayeux [2, p. 632-636], en débris et embryons de Mollusques, restes de *Chara*, Algues calcaires indéterminées² et rares Diatomées. Marguerite Auzel signale cependant en outre, des « organismes inférieurs » qui, dit-elle, « rappellent les Foraminifères » [3, p. 9, 17, 22, fig. 1, 5, 9 dans le texte et pl. XXXI, fig. 1, 2, 3]. Certains de ces microorganismes, à son sens, « ne se rapprochent d'aucune forme actuelle, si ce n'est des *Ammodiscus* qui sont des Foraminifères marins ». Elle représente un Foraminifère non déterminé qui fait penser à un Miliolidé [fig. 9, p. 37]. Mais elle ne va pas jusqu'à affirmer la présence de vrais Foraminifères dans la Meulière de Beauce, et l'existence d'organismes marins dans cette formation. Par ailleurs, les échantillons de meulière où elle a observé ces organismes à apparence de Foraminifères, appartiennent non à la Meulière de Beauce typique, mais aux niveaux silicifiés inclus dans le Calcaire d'Étampes et pro-

1. Note présentée à la séance du 30 juin 1947.

2. L'observation d'Algues calcaires dans les meulières, faite par L. CAYEUX, ne concerne peut-être que la Meulière de Brie.

viennent de localités du voisinage immédiat d'Étampes (Étampes, Chagrenon).

Un fragment de Meulière de Beauce, recueilli dans la sablière voisine du lieu dit le Désert, dans les Vaux-de-Cernay, territoire de la commune d'Auffargis, me permet d'apporter quelques éléments nouveaux sur cette question. Il ne s'agit plus cette fois d'accidents siliceux du Calcaire d'Étampes, mais de meulières typiques, avec le faciès du centre du Bassin de Paris [1, fig. 36, p. 225 et p. 226]. Il ne s'agit pas non plus d'organismes rappelant les Foraminifères, mais de Foraminifères typiques.

Les déterminations, que j'ai dû faire sur une plaque mince, sont difficiles, on le sait, dans ces conditions. Toutefois quelques exemplaires sont assez nets pour que je puisse proposer les assimilations suivantes, que notre confrère, M. Lys, a bien voulu vérifier ou préciser.

Textularia cf. *alsatica* ANDREAE, famille des *Textularidæ* (fig. 1, A). — Bien que la non-conservation des premières loges oblige à laisser planer quelque doute sur la détermination générique, cette forme semble bien appartenir au genre *Textularia* DEFANCE (*Textilaria* EHRENBURG); ses affinités spécifiques la rapprochent d'une forme allongée et étroite, à nombreuses loges de l'Oligocène allemand pour laquelle A. Andreae a proposé le nom de *T. alsatica* [4, p. 366 et pl. VI, fig. 5], et qui a été signalée dans l'Oligocène supérieur de Rufach (Alsace) et dans le Septarienthon (Stampien inférieur) de Francfort [5, p. 27-35]. Mais notre espèce s'en différencie par une forme un peu moins étroite, des loges moins hautes et de direction plus voisine de la perpendiculaire à l'axe. Au point de vue écologique on peut noter que les *Textularia* vivent principalement dans les eaux peu profondes et chaudes, bien que quelques espèces acceptent des conditions notablement différentes.

Bolivina cf. *Beyrichi* RSS, famille des *Heterohelucidæ* (fig. 1, B). — Cet individu, à enroulement de *Textularia*, semble devoir être rapporté au genre *Bolivina* D'ORB. à cause de la forme de ses loges. Malheureusement, la silification très poussée de la roche a transformé les tests des Foraminifères en calcédoine, et empêche de tenir compte de la constitution primitive du test pour leur détermination. On sait que le genre *Bolivina* est caractérisé par un test calcaire. C'est de *B. Beyrichi*, particulièrement abondante dans le Stampien d'Alsace, que notre exemplaire se rapproche le plus [4, p. 156, 218, 225, 235, 257, 262 et pl. VIII, fig. 4 à 8; 6, p. 3]. Le genre *Bolivina* caractérise surtout les dépôts de faible profondeur.

Gümbelina, famille des *Heteroheliciidæ* (fig. 1, C). — Le genre *Gümbelina*, à vie pélagique, s'accommodant de toutes les profondeurs, est surtout abondant au Crétacé, se raréfiant au Tertiaire. Le génotype *G. globulosa* EHRENBURG, dont notre espèce

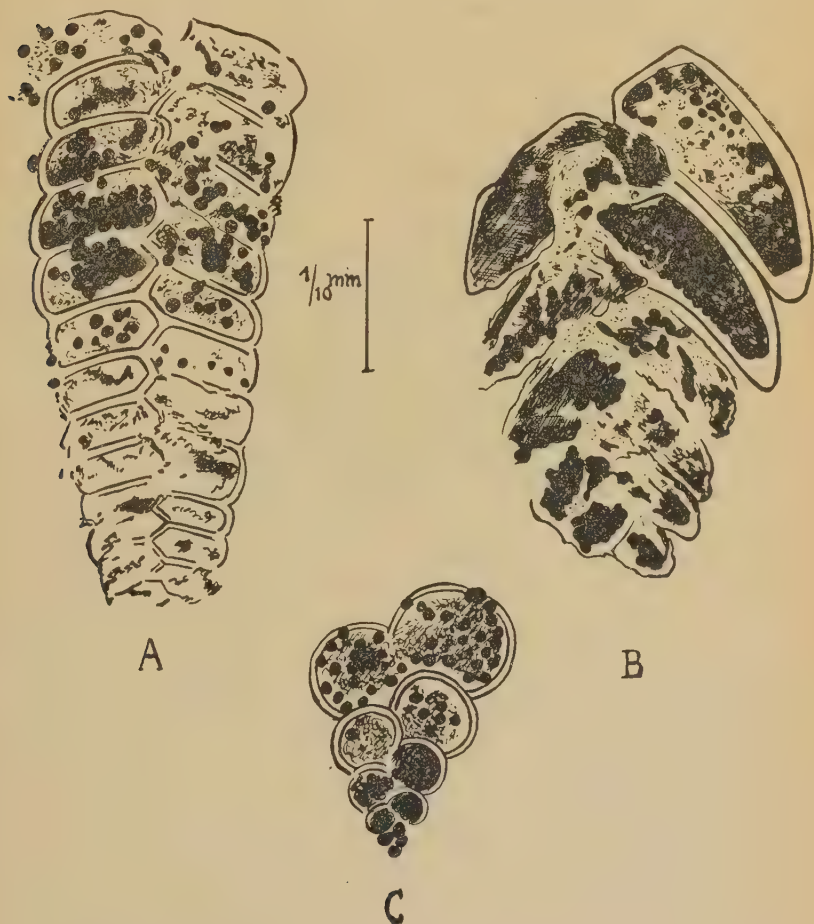


FIG. 1. — A : *Textularia* cf. *alsatica* ANDREAE.
B : *Bolivina* cf. *Beyrichi* Rss.
C : *Gümbelina* sp.

ne diffère pas beaucoup, a été trouvé dans le Crétacé supérieur de Meudon.

Globigerina D'ORB., famille des *Orbulinidæ* (fig. 2). — Cette forme est peut-être à rapporter à *G. bulloïdes* D'ORB. signalée par A. Andreae dans le Septarienon de Francfort [5, p. 28],

mais la détermination spécifique est difficile. Le genre *Globigerina* se trouve dans des conditions de profondeur très variées ; il est pélagique et benthique, plus abondant dans les eaux chaudes.

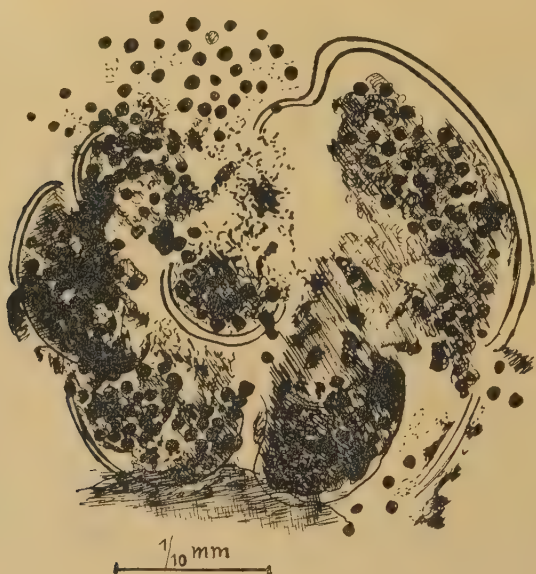


FIG. 2. — *Globigerina* D'ORB.

Rotalia cf. *Roemeri* Rss., famille des *Rotalidæ* (fig. 3, A). — Ici encore la transformation du test en calcédoine empêche d'être absolument affirmatif, cependant cette espèce paraît très proche de *R. Roemeri* Rss., par son enroulement, la forme subglobulaire de ses loges, son ombilic. A. Andreae signale plusieurs *Rotalia* dans l'Oligocène de Francfort.

Enfin, je ferai mention de petites sphères (fig. 3, B), groupées par deux ou trois, paraissant comparables aux organismes qui ont été décrits sous le nom d'*Oligostegina* KAUFMANN dans le Crétacé d'Amérique, et regardés soit comme des Foraminifères douteux, soit de façon plus probable, comme des spores d'Algues calcaires [7, p. 334]. Cette observation est à rapprocher de celle de L. Cayeux, qui a signalé des Algues calcaires dans un échantillon de meulière (Meulière de Brie).

Tous les tests des Foraminifères conservés dans les plaques minces étudiées sont remplis de globules de 1/100 mm environ, de couleur brune plus ou moins foncée, parfois totalement opaques

et noirs en lumière transmise, qui ne polarisent pas la lumière, et qui, en lumière réfléchie, apparaissent avec des teintes jaunes, variant du jaune paille au jaune ocre et même au brun. Ces apparences se rapprochent de celles que l'on observe dans l'alios, dont le ciment est brun en lumière transmise et ocre plus ou moins clair en lumière réfléchie. Or, L. Cayeux a montré que le ciment de l'alios est uniquement constitué par de la matière organique [2, p. 191-193]. Cette similitude d'apparence et la localisation des amas de globules bruns dans les cavités des Foraminifères ou en des plages qui, malgré des formes indéterminables, correspondent vraisemblablement à des restes organiques, semble suggérer un lien entre ces globules et la matière



FIG. 3. — A : *Rotalia* cf. *Ræmeri* Rss.
B : Spores d'Algues ?

organique. Il m'est toutefois impossible d'indiquer actuellement sous quelle forme la matière organique se trouve dans ces globules. Nous pouvons rapprocher ces remarques des observations de L. Cayeux qui a signalé la présence de matière organique dans la Meulière sous forme « d'impuretés » [2, p. 631] et de celles de M. Auzel qui a mentionné dans les Meulières une « poussière noire », où elle voit un reste probable de calcite et de matière organique [3, p. 31].

Plusieurs conclusions se dégagent de ces observations.

1) Les *Textularia*, *Bolivina*, *Gümbelina*, *Globigerina*, *Rotalia* sont normalement des organismes marins. Comment expliquer leur présence dans le milieu de la Meulière de Beauce ? On peut invoquer des irrptions momentanées d'eaux marines dans le milieu où se sédimentaient les Meulières. J'ai autrefois montré que la mer du falun d'Ormoy a été très localisée [voir 1, carte fig. 35, p. 223] suivant quelques chenaux interdunaires, le long de l'ancien rivage de la mer stampienne (Éveux, Maintenon, Épernon, Ormoy, Gironville), tandis que le reste du Bassin de Paris devait rester émergé et que déjà la Meulière de Beauce pouvait commencer à se sédimenter dans les interdunes. La région d'Auffargis, très voisine du chenal marin d'Ormoy, a pu, à certains moments, communiquer avec lui, ou, comme lui, communiquer par l'W avec la haute mer, et un milieu marin ou saumâtre a pu s'y substituer pour peu de temps au milieu lacustre.

Mais une autre explication n'est pas exclue et pourrait être plus vraisemblable. On sait que des Foraminifères marins sont susceptibles de s'adapter progressivement à des eaux saumâtres et même à des eaux douces. On peut donc proposer pour les Foraminifères de la Meulière la même explication que pour les *Potamides Lamarcki*. Les uns et les autres, issus des faunes stampiennes (et sans doute, plus précisément, issus de la faune d'Ormoy), se sont insinués dans les eaux lacustres et s'y sont maintenus. Ainsi s'expliquerait non seulement leur présence à Auffargis mais aussi leur existence dans le Calcaire lacustre d'Étampes, aux environs de cette ville, à des niveaux plus récents. que le falun d'Ormoy¹. La même association de Foraminifères marins (*Globigérines*) et de fossiles macroscopiques d'eau douce a été observée par Y. Milon [9] dans le Bartonien de la Sarthe, mais paraît là nécessiter une explication différente.

2) Les Foraminifères observés dans la Meulière d'Auffargis sont, dans leur ensemble, indicateurs d'une mer peu profonde et chaude, données qui s'accordent avec une survivance des caractères des mers stampiennes.

3) Si l'on peut arriver à connaître une faune assez importante de Foraminifères dans la Meulière de Beauce, peut-être pourra-t-on apporter quelque lumière sur la question difficile de la définition du Chattien et de l'Aquitaniien dans le Bassin de Paris.

1. Il est intéressant de rappeler que *Potamides Lamarcki* a été signalé dans la Meulière de Beauce aux environs d'Auffargis (Bonnelles et Bois des Eveuses, près de Rambouillet) [1, p. 223], et dans les niveaux siliceux du Calcaire d'Étampes, au S d'Étampes [1, p. 228].

On sait que les seuls arguments sur lesquels on puisse actuellement s'appuyer sont, d'une part, des arguments négatifs et non décisifs (les fossiles caractéristiques du Chattien manquent dans le falun d'Ormoÿ, qui ne représente qu'une faune stampienne évoluée et appauvrie [1, p. 275]) d'autre part, la présence d'un seul fossile commun aux formations lacustres du Bassin de Mayence et du Bassin parisien, *Helix Ramondi*. Ce fossile se trouve dans l'équivalent lacustre du Chattien (Landschneckenkalk-Cerithienschichten) et dans la Meulière de Beauce, où il est d'ailleurs extrêmement rare. Mais le genre *Helix* ne peut guère fournir d'excellents fossiles de niveau. D'ailleurs la valeur particulière, comme fossile caractéristique, d'*Helix Ramondi*, a été récemment mise en discussion par la découverte, dans les couches lacustres du mont de Musiège (vallée des Usses, feuille de Nantua), de ce Gastéropode associé à un Mammifère aquitainien, *Amphitragulus*, caractéristique de la faune aquitanienne de Pyrimont [8, p. 139-141]. Tout ceci montre de quel prix serait la connaissance d'une faune de Foraminifères du sommet de l'Oligocène parisien, d'autant plus que la répartition des Foraminifères d'Alsace va se précisant de plus en plus [6].

3) Les conditions de conservation de la matière organique dans les roches telles que l'alias et la meulière posent des problèmes encore mal élucidés. En les étudiant on trouverait sans doute des indications sur les réactions chimiques qui ont présidé à la formation de ces roches et sur les modifications que la diagénèse leur a fait subir.

BIBLIOGRAPHIE CITÉE

1. H. ALIMEN. — Étude sur le Stampien du Bassin de Paris. *Mém. S. G. F.*, n° 31, 1936, 309 p., 42 fig., 7 pl., 1 carte.
2. L. CAYEUX. — Roches siliceuses. *Mém. Carte géol. Fr.*, Paris, 1929.
3. M. AUZEL. — Premiers résultats d'une étude des Meulières du Bassin de Paris. *Revue géogr. phys. et géol. dynam.*, vol. III, fasc. IV, 1931, p. 303 et 362.
4. A. ANDREAE. — Ein Beitrag zur Kenntniss des Elsässer Tertiärs. *Abhandl. geol. Specialkarte Elsass-Lothringen*, Band II, Heft III, 1884, 329 p., 1 Atlas, 12 pl.
5. A. ANDREAE. — Die Foraminiferen Fauna im Septarienthon von Frankfurt a. M. und ihre vertikale Verteilung. *Bericht Senkb. Naturf. Gesell. Frankfurt*, 1894, p. 43 et 51.
6. R. BARBIER. — Étude micropaléontologique des terrains stampiens du district d'Ohlungen (Bassin de Péchelbronn). *Bull. Serv. Carte géol. Alsace-Lorraine*, t. 5, 1938, p. 7, 25, pl. II, III.

7. J. J. GALLOWAY. — A Manual of Foraminifera, The Principia Press, Bloomington, Indiana, 1933, 483 p.
 8. M. GIGNOUX et L. MORET. — L'Oligocène du Bassin du Rhône entre Genève et Seyssel. Les études rhodaniennes. *Revue géogr. nationale*, Congrès du Rhône, juin 1938, p. 139-141.
 9. Y. MILON. — Sur la présence de calcaires à Globigérines dans le Bartonien de la Sarthe. *CR. Ac. Sc.*, t. 190, 1930, p. 1435.
-

Observation faisant suite à une remarque de M. le Président au sujet des Globigérines reconnues dans les formations lacustres.

Pierre Marie, qui se réserve de revenir prochainement sur la composition et les conditions d'existence de la microfaune « lacustre » citée par M^{lle} H. Alimen, fait observer :

que les genres et espèces de Foraminifères qui réussissent à s'adapter à des milieux de salinité extrême, sont excessivement peu nombreux et qu'ils proviennent tous de formes dont l'habitat normal est situé dans la zone littorale.

D'autre part, les microfaunes ayant vécu dans des conditions de salinité anormalement basse, sont caractérisées par :

1° la raréfaction extrême du nombre des genres ou espèces présents dans la faune, nombre qui peut bien souvent se réduire à une ou deux unités seulement, et par

2° la prolifération du nombre des individus de l'espèce adaptée.

Il précise en outre que les soit-disant « Globigérines » découvertes en 1930 par Y. Milon dans le Bartonien « lacustre » de la Sarthe, à la suite d'un examen en plaques minces, ne sont pas des Foraminifères pélagiques, mais au contraire des formes littorales. Il s'agit, en fait, de *Discorbis* à loges bombées et test très finement perforé, dont les sections peuvent induire en erreur des observateurs non avertis.

LE MAËSTRICHTIEN DU DOMAINE SOUS-PYRÉNÉEN A L'EST DE SAINT-GAUDENS

PAR **Marguerite Rech-Frollo**¹.

ÉTUDE PÉTROGRAPHIQUE².

PLANCHES XIV A XVI.

Le complexe maëstrichtien de la partie orientale du domaine sous-pyrénéen possède, en règle générale, une épaisseur qui va en augmentant d'E en W : de 140 m environ dans la région d'Alet à plusieurs centaines de mètres dans les Petites-Pyrénées. La ligne de fond n'est cependant pas régulière ; à certains endroits le Maëstrichtien râcle sur le fond et l'épaisseur devient brusquement plus importante : 400 m à Trézières, 1.000 m à Dreuilhe, à d'autres endroits, au contraire. — W d'Alet, périclinal du Pech de Foix, — elle est extrêmement réduite, quelques dizaines de mètres seulement. On n'a pu encore préciser la part des étirements tectoniques dans ces irrégularités d'épaisseur du Maëstrichtien d'où l'impossibilité de tirer une image paléogéographique complète du fond du bassin de sédimentation.

L'étude pétrographique d'échantillons prélevés dans de nombreuses coupes s'échelonnant des Corbières aux Petites-Pyrénées, permet de classer les roches en quelques catégories : ensemble pelitique — Maëstrichtien inférieur et supérieur surtout ; ensemble gréseux et conglomératique, faciès calcaire. D'une façon générale, les conglomérats sont surtout développés dans la région d'Alet-Rivel, le faciès gréseux devient prédominant de l'Aude jusqu'à l'extrémité occidentale du département de l'Ariège, — région du Mas d'Azil ; à cet endroit les niveaux pelitiques gagnent en importance et, enfin, le faciès franchement calcaire n'apparaît que dans la région de Saint-Gaudens.

Le complexe pelitique ne peut être étudié d'une façon complète uniquement avec l'aide du microscope. Une chose pourtant ressort

1. Note présentée à la séance du 30 juin 1947.

2. Cette note correspond seulement à quelques conclusions d'une étude détaillée sur le Maëstrichtien de la partie orientale du domaine sous-pyrénéen. Pour des raisons matérielles je n'ai pu présenter ce travail aux *Mémoires*. Mais la partie du manuscrit comportant les descriptions de détail en sera présentée au C.N.R.S. pour figurer dans les collections de microfilms.

nettement de l'examen des plaques minces : dans tout cet ensemble *les vraies marnes sont plutôt des exceptions*, les roches courantes relèvent de microgrès calcaires ou argilo-ferrugineux ou encore de calcaires microgréseux ou argileux. C'est dans le niveau pellitique qu'on a trouvé surtout les fossiles marins.

Le faciès conglomératique est surtout bien développé à l'E du bassin et dans toute sa partie supérieure : poudingues rouges passant aux poudingues fleuris daniens dans la région d'Alet, Rivel, et micro-poudingue à ciment argilo-ferrugineux de teinte jaune claire qui, par un développement exagéré du ciment, se transforme souvent latéralement en une « terre jaune à galets ». On rencontre cette dernière un peu partout, au Dreuilhe, dans le Plantaurel ou dans les Petites-Pyrénées. Les poudingues rouges sont sédimentaires, leur ciment peut être soit un grès (pl. XIV, fig. 1), soit un calcaire contenant des débris de fossiles marins (pl. XIV, fig. 2). Ces conglomérats se trouvent toujours en couches parallèles concordantes. Dans la vallée de Véraza, — région d'Alet —, ils atteignent une vingtaine de mètres d'épaisseur et s'appuient sur le massif primaire du Mouthoumet.

L'ensemble gréseux représente d'une façon générale l'horizon moyen du Maëstrichtien de cette partie du domaine sous-pyrénéen, quoique des horizons gréseux s'intercalent souvent, ainsi que des horizons conglomératiques, dans le complexe pellitique supérieur (Gerummien inf. de certains auteurs). Cette puissante formation gréseuse est désignée sous le terme de « Grès d'Alet » ou de « Grès de Labarre ».

En réalité, ces termes devraient garder une signification uniquement locale car, aussi bien dans la région d'Alet que dans la région de Labarre, ils correspondent principalement à un type de grès exceptionnel dans la série — grès argileux lagunaire à glauconie — très caractéristique, mais qu'on ne rencontre plus nulle part ailleurs dans toute l'étendue du Maëstrichtien moyen gréseux. De sorte qu'on risque ainsi d'attribuer à toute la formation un sens qui ne convient qu'à une de ses parties, très restreinte.

En effet, ce qui domine dans l'ensemble gréseux du Maëstrichtien ce sont les *grès ferrugineux* soit purs, soit calcaréo-ferrugineux ou argilo-ferrugineux. Viennent ensuite des grès calcaires, des microgrès sapropélifères et microgrès ou grès à fragments de charbon et enfin quelques grès pyriteux et à un seul endroit, — région du Mas d'Azil —, un niveau de grès siliceux.

Les grès ferrugineux (pl. XIV, fig 3) sont d'origine épigénique ; leur ciment était primitivement calcaire. De nombreux termes de transition s'observent un peu partout dans les séries (pl. XIV, fig. 4), le ciment y est en partie calcaire ; la proportion d'oxyde de fer — limonite jaune ou brune — varie suivant le degré plus ou moins avancé de l'épigénèse. L'origine de cet oxyde de fer doit être cherchée dans l'altération de grains de glauconie (pl. XV, fig. 3) dont les grès calcaires primitifs étaient largement pourvus. Pour les grès argilo-ferrugineux l'histoire de leur oxyde de fer se confond avec celle de leur formation. Ce ne sont plus des grès épigéniques, mais des grès formés directement sur place, dont le ciment provient de l'altération des feldspaths qui donnent une trame de « matières argileuses » sur laquelle se fixe l'oxyde de fer dérivé de micas, pyroxènes ou amphiboles. Ce qui demeure curieux pour cette catégorie de grès argilo-ferrugineux qui, par ailleurs, représentent des roches très communes dans les séries sédimentaires, c'est l'absence presque totale de tout vestige feldspathique.

Une dernière catégorie de grès ferrugineux, très réduite, est représentée par une série de roches où le fer joue le rôle de pigment sous la forme d'innombrables fragments détritiques.

Les grès calcaires (pl. XV, fig. 2), à l'origine, ont joué un rôle beaucoup plus important si l'on tient compte du fait qu'un grand nombre de grès ferrugineux ne sont que des grès calcaires épigénisés par l'altération de leur glauconie. Actuellement ils sont moins répandus que les grès ferrugineux. Leurs variétés sont dues à l'état cristallographique du ciment : cryptocristallin, recristallisé en partie, ou entièrement recristallisé en beaux cristaux mâclés (pl. XV, fig. 2). Ces différents états cristallins du ciment se traduisent par une cohérence plus ou moins accusée des échantillons. Un grand nombre de grès calcaires possèdent un ciment primordial : les grains de quartz ne se touchent pas, ce qui suppose à l'origine l'existence d'un milieu sédimentaire auquel s'ajoutait l'apport détritique des grains de quartz.

Les microgrès sapropélifères forment des niveaux de teinte gris foncé, avec des taches noires de quelques mm de diamètre, invisibles à l'œil nu et qui disparaissent lorsqu'on chauffe au chalumeau une esquille de roche¹. On les rencontre partout, au

1. Parfois même tout le fragment de roche s'enflamme et prend une teinte claire.

Dreuilhe, dans la région de Rivel (Aude), de Foix, au Mas d'Azil. Ce sont des grès ou des microgrès à ciment calcaire ou argilo-ferrugineux, largement développé, et qui renferment d'innombrables inclusions sous forme de taches, goutelettes, traînées irrégulières (pl. XV, fig. 1) de teinte brune jaune plus ou moins foncée, *s'accroissant en lumière réfléchie*. Ce ne sont pas de vrais bitumes, mais des fragments durcis correspondant aux masses molles, gélatineuses qui se forment de nos jours dans certaines régions marécageuses au cours d'une sédimentation calcaire ou argileuse.

Au voisinage immédiat des roches sapropélifères on rencontre des niveaux gréseux à fragments de charbons (ligniteux normaux, lignites noirs, luisants, bitumineux). A certains endroits, ces charbons engendrent même de petits gisements exploitables. Rien d'étonnant à trouver des niveaux de charbons en étroite relation avec des roches sapropélifères : le même matériel organique a pu évoluer dans un sens ou dans l'autre, selon les conditions d'aération, etc...

PRINCIPAUX MINÉRAUX DE LA SÉRIE GRÉSEUSE. — Le quartz détritique de la série maëstrichtienne gréseuse est généralement du quartz exempt d'inclusions. Le quartz d'aspect terreux vient en second lieu ; à celui-ci s'ajoutent des fragments détritiques de quartzites ou microquartzites métamorphiques. Quelle que soit la nature des éléments quartzeux, *les grès maëstrichtiens étudiés ne présentent presque pas de phénomènes d'accroissement secondaire des grains de quartz*. Ceci est un fait exceptionnel, surtout pour une formation gréseuse de cette importance.

Les minéraux accessoires, zircon, micas, pyrite, débris de charbon, limonite, pyroxènes ou amphiboles varient d'un groupe à l'autre : certains grès calcaires sont riches en micas et possèdent même les deux micas à la fois, alors que des grès ferrugineux renferment exclusivement soit du zircon, soit de la pyrite. Cette dernière peut devenir très importante dans certaines variétés de grès (Rivel, Mas d'Azil) au point qu'on peut classer ces matériaux parmi les grès pyriteux. Mais au nombre des minéraux accessoires il en est un qui mérite une mention spéciale, c'est la *glauconie*. On la rencontre dans toutes les variétés de grès ; dans certains grès calcaires et dans les grès argileux d'Alet, elle est d'une grande fraîcheur, vert clair, polychroïque, sans trace d'usure sur le pourtour du grain. Pour ces variétés, du moins, il ne peut être question de glauconie remaniée. Elle s'est formée sur place dans le ciment même de la roche. Dans un

grand nombre d'échantillons de grès calcaires (pl. XV, fig. 2) le grain est altéré, presque entièrement transformé en oxyde de fer, mais le contour demeure entier, il n'y a pas trace de fragmentation.

ORGANISMES. — Dans plusieurs lames minces de grès (pl. XVI, fig. 1 et 2) on voit des sections de Foraminifères. Le test est menu, mais *entier*, il n'y a pas trace de fragmentation ni d'usure.

Le faciès calcaire de la partie orientale du Maëstrichtien du domaine sous-pyrénéen est localisé dans la région de Saint-Gaudens, au passage vers les faciès à Ammonites du bassin de l'Adour. C'est le « calcaire nankin ». Trois faits le caractérisent : a) calcaire grossier à quartz détritique ; b) nombreux débris d'organismes (Foraminifères à test mince, débris d'Echinodermes, section de tubes de Serpules, fragments de Mélobésiées) ; c) richesse exceptionnelle en oxyde de fer. Ce dernier est représenté par de la limonite jaune répandue presque régulièrement dans toute la masse de la roche et par de la limonite brune sous forme de petits fragments détritiques qui, par leur présence, permettent de concevoir l'origine d'une si grande quantité d'oxyde de fer.

On peut supposer, en effet, que la sédimentation du calcaire nankin a été accompagnée d'un riche apport terrigène où les roches vertes altérées ont joué un grand rôle. Dans les environs de Saint-Gaudens il existe encore des massifs cristallins très riches en roches vertes.

Avec le calcaire nankin s'achève la brève description des principaux types de roches du complexe maëstrichtien étudié. Deux faits ressortent tout d'abord d'une vue d'ensemble :

1) Les différents faciès pétrographiques changent très vite latéralement. Les croquis ci-contre donnent une idée sommaire de ce phénomène. On voit, en même temps, que dans les formations étudiées il n'y a pas de « couche continue » dans le genre des « couches palustres » de la molasse et du Flysch alpin. Ce qui permet d'affirmer que les deux caractères, variations latérales fréquentes et « couche continue » ne s'impliquent pas forcément l'un l'autre.

2) Il existe pour tout le Maëstrichtien sous-pyrénéen de cette partie orientale et notamment pour ces horizons gréseux et conglomératiques, une *juxtaposition de deux sédimentations différentes* : une sédimentation détritique et un apport, calcaire ou argileux,

qui forme soit un ciment soit un élément dominant selon son importance par rapport à la masse. Un premier exemple a été donné par les grès calcaires à ciment primordial; de nombreux autres ressortent à tout moment quand on regarde le passage latéral des faciès d'un même horizon : des grès calcaires passent à des calcaires gréseux, des micropoudingues argileux à une terre argileuse à galet, etc... (fig 1, 2 et 3 dans le texte).



FIG. 1. — Coupe naturelle le long de la route de Véraza (Alet).

1. Grès argileux fin, gris clair; 2. microgrès sapropélicifère gris noir; 3. éboulis;
4. grès grossier et micropoudingue argilo-ferrugineux; 5. « terre jaune argileuse à galets ».

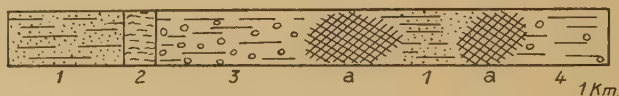


FIG. 2. — Coupe schématique dans la région de Foix (Labarre).

1. Grès argileux gris clair; 2. région ravinée, jaune clair; 3. micropoudingue jaune argileux; a. éboulis; 4. « terre jaune argileuse à galets ».

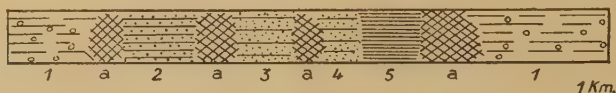


FIG. 3. — Coupe naturelle le long de la route de Rivel à Bélesta (Aude) au Dreuilhe.

1. « Terre jaune à galets » argileuse; 2. grès ferrugineux épigénique à grains de quartz classés et arrondis; 3. grès argilo-ferrugineux anisométriques; 4. grès argilo-ferrugineux à éléments remaniés d'un microgrès sapropélicifère (5); a. éboulis.

D'un point de vue purement minéralogique, trois faits principaux peuvent être retenus :

1) Très grande rareté de débris feldspathiques. Ceci peut être dû à deux causes : remaniement de grès plus anciens ou actions des conditions du milieu, telles qu'elles entraînaient leur destruction presque totale. Rien jusqu'à présent ne permet de faire le choix entre ces deux hypothèses.

2) Absence d'accroissement secondaire des grains de quartz.

3) Anisométrie. Ceci est un terme dont je me suis déjà servie pour désigner un certain nombre de caractères très particuliers

rencontrés dans les grès du Flysch des Carpathes de Moldavie : absence de classement des grains de quartz, contour anguleux ou subanguleux des éléments détritiques, tout ceci dans des séries qui souvent renferment des Foraminifères, ou de rares niveaux à fossiles marins (Ammonites, etc...) ¹.

Les grès anisométriques du Flysch de Roumanie étaient des grès d'origine marine à caractères continentaux, formés dans un régime de sédimentation abondante et rapide par l'enfoncement de plaines alluviales sous la mer. La grande majorité des grès maëstrichtiens de la partie orientale du sillon sous-pyrénéen est formée de grès anisométriques (pl. XIV, fig. 3 et 4; pl. XV, fig. 1; pl. XVI, fig. 1) analogues à ceux du Flysch de Roumanie. Les caractères continentaux, manque de classement, contours anguleux, subanguleux, ciment riche en matières argileuses s'associent à la présence de la glauconie, des Foraminifères, des rares niveaux fossilifères (Ammonite du Dreuilhe, faune marine des « marnes » de Plagne, etc...). Les grès et poudingues maëstrichtiens sont donc identiques à ceux du Flysch roumain.

Les dépôts du Maëstrichtien de la partie orientale du domaine sous-pyrénéen peuvent être regardés comme des dépôts de comblement du Flysch avec parties marécageuses (roches sapropélifères, formations à lignite) et lagunaires (grès argileux).

EXPLICATION DES PLANCHES XIV A XVI

PLANCHE XIV.

- FIG. 1. — *Poudingue* dont le ciment est un sédiment (grès calcaire). Région de Rivel (Aude). Maëstrichtien supérieur.
- FIG. 2. — *Poudingue* bréchoïde calcaire. Région de Rivel (Aude). Maëstrichtien moyen. Dans le ciment des débris d'Echinodermes.
- FIG. 3. — *Grès ferrugineux*. Maëstrichtien moyen, région de Rivel (Aude). Ciment entièrement ferrugineux. Grains de quartz non classés et anguleux (anisométrie). Certains d'entre eux présentent le phénomène d'éclatement dû à l'influence d'un climat désertique au moment de leur mise en place.
- FIG. 4. — *Grès calcaréo-ferrugineux*. Maëstrichtien moyen, région du Mas d'Azil (Ariège). Le ciment est en partie calcaire, en partie ferrugineux. Anisométrie.

PLANCHE XV.

- FIG. 1. — *Microgrès sapropélifère*. Maëstrichtien moyen. Région de Rivel (Aude).
a = inclusions sapropélifères.
Le ciment est argilo-ferrugineux, très développé (ciment primordial). Les grains de quartz ont des tailles au-dessous de 0,05 mm.

1. M. RECH-FROLLO. Étude pétrographique des séries sédimentaires de la vallée du Bicaç. Thèse, p. 172-176.

FIG. 2. — *Grès calcaire*. Maëstrichtien moyen, région du Mas d'Azil (Ariège).
a — ciment calcaire en cristaux de calcite mâclés. *b* = grains de glauconie altérés.

Les grains de quartz sont anisométriques.

FIG. 3. — *Grès argileux*. Maëstrichtien moyen, région d'Alet. *a*. glauconie non altérée passant progressivement, par altération à *b* = oxyde de fer.

PLANCHE XVI.

FIG. 1. — *Grès calcaréo-ferrugineux*. Région du Mas d'Azil (Ariège). Maëstrichtien. *a* = Foraminifère.

FIG. 2. — *Grès ferrugineux*. Région de Rivel (Aude). Maëstrichtien moyen.
a = Foraminifère.

L'ASSOCIATION CELLÉPORE-GASTROPODE DANS LES FALUNS DE LA TOURAINE.

PAR J. Roger ET E. Buge ¹.

PLANCHE XVII.

Résumé : La forme du zoarium de *Cellepora parasitica* MICHELIN des faluns de la Touraine, espèce dont les colonies présentent toujours un canal en relation avec un test de Gastropode, pose un problème diversement interprété : symbiose Cellépore-Pagure ou parasitisme du Cellépore sur le Gastropode vivant. L'étude aux rayons X ne permet de retenir que la deuxième hypothèse. Les différents cas de symbiose entre *Celleporidæ* et Gastropodes sont rapidement passés en revue.

Ce problème fut posé par Michelin en 1847 [10] lorsqu'il décrit pour la première fois un *Cellepora parasitica* encroûtant un Gastropode. G. Lecointre a repris cette étude en 1929 [8] et donne d'une façon très précise les différents aspects observés. Il conclut que le Gastropode, pour résister à la prolifération envahissante du Bryozoaire, devait abandonner la construction normale de sa coquille, d'où le tracé capricieux et quelconque des derniers tours de celle-ci.

H. Douvillé, en 1931 [7], réfute cette explication et s'efforce de démontrer qu'en réalité la couche superficielle des derniers tours et du canal n'est qu'une partie différenciée du Bryozoaire. En 1933 [9] G. Lecointre, après étude des sections minces du canal, se rangeait à cet avis.

HISTORIQUE.

I. *Premières interprétations.* — Il est toutefois intéressant de suivre les étapes de cette controverse.

G. Lecointre, en 1929 [8], décrit avec de nombreux exemples les différents cas qu'il a pu observer de cette association. De nombreux genres de Gastropodes (au moins 8 : *Fissurella*, *Calyptraea*, *Vermetus*, *Terebra*, *Nassa*, *Turbo*, *Turritella* et *Natica*) sont susceptibles d'être recouverts par *Cellepora parasitica*.

¹. Note présentée à la séance du 10 novembre 1947.

tica MICH. et dans tous les cas l'enroulement normal du Mollusque est bientôt abandonné pour faire place à des tours qui « montrent du tissu celluleux de plus en plus épais entre eux » et finissent « par une course affolée vers l'eau libre sans plus aucun souci de régularité ». De plus, l'aspect interne de ces tours se modifie en prenant l'apparence de celui des Vermets. Il signalait enfin la similitude des conditions biologiques de vie de ces Gastropodes tourangeaux et des *Magilus*.

Mais H. Douvillé, deux ans plus tard [7], n'étant pas satisfait des conclusions de Lecointre, reprenait l'étude en question et critiquait son interprétation : la structure du canal interne de la colonie est différente selon la partie du test envisagée, alors que chez les *Magilus* le test conserve partout la même structure. De plus la paroi terminale de ce canal montre une striation qui n'a aucun rapport avec celle des Vermets, mais correspond au contraire à des lignes de zoécies. Il ne saurait être question d'un tube construit par le Mollusque. L'explication de l'ouverture constante du tube, tube qui, s'il avait été vide, aurait été rapidement fermé par le Bryozoaire, est fournie par la présence supposée d'un Pagure qui « satisfait de son compagnon le Bryozoaires, n'a pas émigré, et a conservé son habitat, se bornant à diriger la croissance de son associé de manière à conserver une libre communication avec le milieu extérieur ».

En 1933 [9], G. Lecointre, reprenant cette étude et bien que « non convaincu par les belles microphotographies de M. Douvillé » admet la justesse des vues de ce dernier après étude microscopique de la structure de la paroi du canal : « le Bryozoaire est le seul responsable de la construction de ce canal dans lequel s'abritait le Pagure. »

II. *Objections à cette théorie.* — Mais cette interprétation n'est pas satisfaisante, et il s'en faut ! Elle ne résoud pas tous les problèmes et en pose d'autres. Des objections très sérieuses peuvent lui être présentées, et ce de trois points de vue : systématique, morphologique, physiologique.

a) *Systématique.* Comme le signale G. Lecointre, et comme il a bien voulu nous le confirmer récemment, il n'a jamais été trouvé de traces de Pagures dans les faluns. Or les *Cellopora parasitica* ne sont pas des raretés dans les gisements de Touraine. Pour quelle raison ne nous serait-il pas parvenu de restes de ces Crustacés que l'on connaît bien à l'état fossile, alors que de nombreux autres restes de Décapodes y ont été découverts ?

b) *Morphologique*. L'étude microscopique de la lamelle basale n'a été faite par Douvillé et Lecointre que sur des échantillons des faluns, sans aucun terme de comparaison avec des formes libres vivantes ou fossiles. Or les *Celleporidæ* à colonie libre ou tout au moins peu adhérentes au substratum, rares il est vrai, ne présentent pas le même aspect que celles des faluns : la lamelle basale est écailleuse. (*Holoporella magnifica* OSBURN, actuelle de La Havane) et ne ressemble en rien à celle que figure H. Douvillé. Chez *Holoporella damicornis* CANU et BASSLER du Jacksonien de Cocola (Alabama), qui encroûte un Gastropode et non une Algue comme le pensaient ces deux auteurs [2], l'aspect extérieur du canal est exactement l'inverse de celui observé dans les faluns : il est strié transversalement, donnant l'apparence de véritables stries d'accroissement. De plus, microscopiquement, la structure de la lamelle basale des Cellépores actuels est différente de celle que figure G. Lecointre : les zoécies reposent sur une mince pellicule calcaire commune et les joints séparant les cellules, pour reprendre son expression, ne se poursuivent pas jusqu'à la dernière couche calcaire. Même sur les microphotos qu'il a publiées, l'aspect de la dernière couche zoéciale du Bryozoaire est très différente des autres. M. Lecointre nous a d'ailleurs déclaré récemment qu'il n'était pas impossible qu'une couche extrêmement mince de test appartenant au Gastropode ait pu disparaître au cours de la fabrication de ses coupes minces. Dans ce cas, les conclusions qu'il aurait pu tirer de leur examen sont faussées, les arguments fournis devenant sans valeur.

c) *Physiologique*. Certaines colonies de *Cellopora parasitica* MICH. de grande taille peuvent avoir un orifice très réduit : un des exemplaires figurés (pl. XVII, fig. 14-15) mesure 40 mm de longueur, 25 de largeur et 27 de diamètre, alors que son orifice n'a pas plus de 9 mm de diamètre. Étant donné la taille du Pagure pouvant loger son abdomen dans un tel conduit, de sérieuses difficultés locomotrices se seraient présentées à lui. D'autant plus qu'une relation définie entre le volume de la colonie et le diamètre du canal ne peut être établie. Beaucoup de ces difficultés s'aplanissent si l'on suppose que le canal est habité par son propriétaire légitime, le Mollusque.

Douvillé, d'autre part, pour expliquer la persistance de l'orifice malgré la prolifération anarchique du Bryozoaire, suppose une orientation de la croissance de ce dernier sous l'influence du Pagure. Les Cellépores sont sans doute les Bryozoaires dont la croissance zoariale est la plus irrégulière. Quelle peut-être l'in-

fluence du Crustacé sur son orientation? Les espèces ayant des zoaria libres tendent vers une forme plus ou moins cupulaire, non seulement chez les *Cupularia*, *Cupuladria* et autres *Lunulites*, mais aussi chez les *Celleporidae* : le spécimen de *Holoporella magnifica* OSBURN auquel nous faisons allusions ci-dessus avait vraisemblablement (il n'est pas complet actuellement) une forme en coupole irrégulière de 7 à 8 cm de diamètre. De nombreux Celléporidés et autres Bryozoaires peuvent construire des colonies à axe creux, mais dans ce cas cette forme résulte d'un développement sur un substratum cylindrique (Algue, fragment ligneux...). Ils ne construisent pas des architectures aussi régulières que celles que nous pouvons observer dans les faluns de Touraine en s'appliquant sur du vide, ou tout au moins sur l'abdomen mou d'un Pagure. Il leur faut une base directrice, base qui, dans ce cas, ne peut être fournie que par un « hôte » la construisant naturellement, en l'occurrence un Mollusque gastropode. Pour rester objectif, notons que certains Bryozoaires, très rares d'ailleurs, construisent des colonies en forme de doigt de gant (famille des *Conescharellinidæ*), mais dans ce cas il s'agit de la forme spécifique immuable et non d'une anomalie.

M^{lle} G. Delpey a d'ailleurs décrit du Jurassique supérieur du Liban une symbiose entre une Nérinée et un Hydrozoaire (*Milleporidium*) [6] : il s'intercale également entre l'avant-dernier et le dernier tour du tissu celluleux analogue à celui observé en Touraine. Le test du Mollusque étant dans cet exemple bien conservé, il ne fait aucun doute que le Gastropode était encore vivant malgré ce début de déroulement et vivait en symbiose avec le *Milleporidium*.

NOUVELLES RECHERCHES.

Aussi ce problème nous a semblé devoir être repris. C'est une méthode nouvelle, la radiographie, qui nous a fourni de nouvelles preuves de l'existence d'un Mollusque vivant à l'intérieur du canal de la colonie. Notons, en passant, que cette technique permet la détermination rapide du Gastropode sans aucune préparation préalable.

I. *La méthode.* — On trouvera un exposé général sur la question dans les articles de l'un de nous [11, 12]. Les caractéristiques que nous avons utilisées pour nos radiographies sont différentes suivant les échantillons. C'est essentiellement la durée d'exposition qui est variable (de 6" à 180") comme nous

l'avons indiqué dans la légende de la planche, à chaque radiographie correspondante. Nous avons utilisé d'autre part des solutions dites équiopaques à 120 g de sel de Pb au litre. ces solutions donnant des résultats meilleurs dans le cas d'échantillons non plans, mais possédant de grandes différences d'épaisseur selon la région considérée. Les autres caractéristiques peuvent se grouper en 3 séries :

A : Distance foyer-film : 120 cm, Tension : 60 kV, Intensité; 2,5 mA.

B : Distance foyer-film : 90 cm, Tension : 60 kV, Intensité : 2,5 mA.

C : Milieu équiopaque (sel de plomb à 12 %). Distance foyer-film : 120 cm, Tension : 80 kV, Intensité : 2, 5 mA.

Ce n'est qu'après quelques essais qu'une bonne radiographie peut être obtenue, quoique la tolérance soit plus grande que dans la photographie ordinaire. Une fois les caractéristiques établies pour un groupe donné d'échantillons (ici Cellépores actuels, *Cellepora parasitica* MICH...) seule la durée d'exposition varie en fonction de l'épaisseur et de la compacité des spécimens, d'où une très grande rapidité dans les opérations.

II. *Le matériel utilisé.* — Nous nous sommes adressés à quatre catégories d'échantillons.

De nombreux spécimens de *Cellepora parasitica* MICH. des faluns de Touraine (la plupart d'ailleurs sans indication de localité précise).

Des Cellépores actuels à lamelle basale bien développée, pour permettre une comparaison avec les pseudo-lamelles basales de de l'espèce des faluns.

Un Cellépore fossile à lamelle basale également bien développée : *Holoporella palmata* MICHELIN de l'Helvétien du Haguenau (Maine-et-Loire), qui, fixée vraisemblablement sur une Algue, ultérieurement disparue au cours de la fossilisation, montre à l'intérieur de sa colonie une cavité allongée et irrégulière.

Quelques exemplaires de provenances diverses montrant la même association que dans les faluns : *Cellepora minuta* CANU et BASSLER du Miocène des U. S. A. et *Cellepora* sp. du Pliocène inf. d'Asti.

Nous regrettons de n'avoir pas eu à notre disposition des échantillons d'*Hippoporida edax* BUSK du golfe du Mexique, espèce qui représente une symbiose particulièrement nette, quoique mal connue [4], et qui avait incité Abel à lui donner le

nom de *Parakerunia*. Nous y avons suppléé dans une certaine mesure par l'examen d'un spécimen de cette espèce en provenance des faluns néogènes d'Aquitaine et fixé sur une *Natica*.

III. *Les résultats.* — Le véritable problème à résoudre se posait ainsi : La paroi du canal qui prolonge le test du Gastropode est-elle l'œuvre de ce dernier ou du Bryozoaire ? Si elle est construite par celui-ci, il est bien probable en effet qu'une Pagure devait l'habiter, puisque le Cellépore aurait aussitôt renfermé l'orifice s'il n'avait été « vivant ».

Les rayons X nous ont aidé à le résoudre de la manière suivante : l'opacité ou la transparence d'une substance donnée à ce rayonnement est fonction de plusieurs facteurs : compacité, nature chimique, structure cristalline... Aussi avons-nous comparé la transparence respective du test de Gastropode (dans ses premiers tours), de la paroi du canal terminal et enfin celle du Bryozoaire dans sa masse.

Les radiographies de *Cellepora parasitica* MICH. sont très nettes à cet égard : il n'y a pas de variation d'opacité lors du passage du test normal au canal : le liseré noir que l'on peut suivre à l'intérieur de la colonie, indiquant l'emplacement du test, se prolonge aussi net sur toute l'étendue du canal : il y a là une différenciation de structure spéciale visible sur toute la longueur de la cavité du zoarium (pl. XVII, fig. 1, 4-7, 10-13).

Les échantillons actuels : *Holoporella albirostris* SMITH (pl. XVII, fig. 19), *Schismopora avicularis* HINCKS (pl. XVII, fig. 17) et *Holoporella subalba* CANU et BASSLER (pl. XVII, fig. 18) que nous avons choisis à cause de la paroi interne de leur colonie, paroi qui pouvait être comparée à celle du canal de *Cellepora parasitica* MICH., si ce dernier l'avait réellement élaborée, ne donnent pas la même apparence en radiographie : la bordure opaque, si nette sur les spécimens tourangeaux, n'existe pas : la seule zone plus foncée observée correspond à une épaisseur plus grande du Bryozoaire qui y est vu sur la tranche.

Holoporella palmata MICHELIN de l'Helvétien du Haguineau (Maine-et-Loire) (pl. XVII, fig. 16) donne le même résultat : il y a une zone noire, plus ou moins diffuse, mais aucunement une bordure très fine et nettement individualisée.

Hippoporidra edax BUSK. (pl. XVII, fig. 8-9) montre le même aspect que *Cellepora parasitica* MICH. : la ligne noire qui souligne la bordure du test du Mollusque, en l'occurrence une *Natica*, se prolonge sur toute la longueur du canal.

Il en est de même pour les autres espèces que nous avons sou-

mises à l'examen : *Cellepora minuta* CANU et BASSLER (pl. XVII, fig. 2) et *Cellepora* sp. du Pliocène d'Asti. Nous pouvons observer sur ces deux espèces un stade de développement du complexe moins avancé que dans la plupart des spécimens de Touraine : dans l'espèce du Miocène de U. S. A., les tours commencent à se décoller par intercalation de ce que G. Lecointre appelle le « tissu celluleux » : la masse des cellules du Bryozoaire. Il en est de même pour le spécimen d'Asti qui a ébauché son canal après avoir abandonné la disposition hélicoïdale.

Signalons enfin que des radiographies de *Magilus* nous ont montré cette différenciation continue du canal, mais avec une netteté beaucoup moins grande que dans les spécimens fossiles de Bryozoaires.

IV. *Interprétation.* — Il semble donc très logique de conclure à l'existence d'un Mollusque vivant dans la cavité de *Cellepora parasitica* MICH. Toutefois si nous avons pu démontrer qu'il n'y a pas de différence structurale appréciable entre le test de Gastropode et le canal terminal, au moyen de la radiographie, il nous reste à expliquer les structures figurées par Douvillé et qui existent réellement.

Deux explications peuvent être avancées : la paroi construite par le Gastropode et sur laquelle a bâti le Bryozoaire a pu être dissoute ultérieurement, puisque Lecointre affirme qu'elle n'existe pas. Ce phénomène n'est pas à rejeter *a priori* puisque dans certains sédiments les tests de Mollusques ont disparu alors que ceux des Bryozoaires sont conservés intacts. Mais cette hypothèse ne saurait être retenue ici : si cette paroi avait disparu, les rayons X ne pourraient nous en révéler l'existence. Il est beaucoup plus vraisemblable que cette paroi, extrêmement mince, a été détruite lors de la fabrication de la plaque mince : G. Lecointre nous a confirmé récemment que ce n'était pas impossible.

Les figures données par cette auteur en 1933 montrent, comme nous l'avons signalé plus haut, une différenciation très nette de ce qu'il croit être la dernière couche zoéciale, alors que cette différenciation n'apparaît pas sur les spécimens actuels sensiblement dans les mêmes conditions de vie, si ce n'est l'absence d'animal vivant dans la cavité de leur zoarium. Il n'y a évidemment que peu de rapport avec un test de Gastropode ! Mais il faut considérer ce dernier comme n'étant pas, et il s'en faut, dans des conditions normales. La sécrétion de sa coquille a pu s'en trouver quelque peu troublée, d'où l'aspect extérieur aber-

rant de la couche calcaire qu'il a élaboré lors de la formation du canal, couche qui nous est cependant révélée par la radiographie.

CONNAISSANCES ACTUELLES SUR LA SYMBIOSE DES CELLÉPORES.

C'est exclusivement dans la famille des *Celleporidae*, ou peu s'en faut, que l'on rencontre des cas de symbiose indiscutables. Le cas du Cyclostome *Atractosoezia edwardsi* CANU (*Multisparidae*) du Bathonien de France, ne semble pas être autre chose qu'un vulgaire phénomène d'encroûtement. Le seul fait positif est qu'il n'intéresse que des Gastropodes de la famille des *Trochidae*. C'est tout au plus de la spécificité parasitaire, si ce mot n'est pas trop fort, mais non une véritable symbiose. Il n'y a jamais de formation de canal; le Mollusque conserve toujours sa forme et ne réagit pas.

De nombreuses espèces de Cellépores peuvent donner lieu à symbiose, nous les passerons en revue.

Dès le Jacksonien des U. S. A., *Holoporella damicornis* CANU et BASSLER vit en symbiose avec un Gastropode [2, 3]. Les colonies qu'elle construit sont irrégulières et cornues. Une colonie de forme très voisine a été découverte dans l'Helvétien de Touraine.

Au Miocène, en Amérique, deux espèces ont la même biologie : *Cellepora minuta* CANU et BASSLER et *Cellepora maculata* ULRICH et BASSLER et donnent des zoaria beaucoup plus réguliers, mais plus massifs, surtout chez *C. maculata*. A la même époque (Helvétien) *Hippoporidra edax* BUSK encroûte une Naticé et donne un zoarium voisin de celui de *C. maculata*. Dans les faluns de Touraine *Cellepora parasitica* MICHELIN est une « mauvaise espèce » dont les caractères spécifiques sont basés uniquement sur la forme zoariale. Le type a disparu de la collection Michelin et il est vraisemblable qu'il était spécifiquement indéterminable, tout au moins d'après les critères utilisés actuellement. Sur une des colonies figurées (pl. XVII, fig. 14-15), une zone protégée permet d'émettre l'opinion qu'il pourrait s'agir de *Schismopora spathulata* CANU et LECOINTRE. G. Lecointre a développé cette question en 1929 à l'aide de ses nombreux matériaux. Il nous est difficile de pouvoir compléter ses observations, aucun élément nouveau ne nous étant parvenu. Il est toutefois intéressant de faire remarquer que plusieurs espèces pourraient participer à l'élaboration des zoaria de Touraine, argument supplémentaire en faveur de la présence d'un Gastropode dans leur intérieur.

Au Pliocène, le Crag anglais nous fournit de nouveaux exemples d'association : ce que Busk nomme *Cellepora parasitica* MICHELIN, alors que Lecointre pense qu'il s'agit du genre *Schismopora*, recouvre les Turritelles, les Nasses et les *Chrysodomus*. En Italie, à Asti, nous avons découvert une petite forme indéterminable (*Cellepora* sp., pl. XVII, fig. 3) sur un Gastropode dont le déroulement était fort avancé.

Enfin, à l'époque actuelle, nous devons nous adresser au genre *Hippoporidra* pour observer de magnifiques exemples de symbiose : *H. calcarea* SMITT et *H. edax* BUSK donnent des constructions énigmatiques, à cornes zoariales presque symétriques, par rapport à l'ouverture, que Canu et Bassler croient servir à l'équilibre de l'édifice [4]. Abel, par analogie avec le *Kerunia* d'Égypte, les nomme *Parakerunia* [1]. Il faut reconnaître en effet que la ressemblance est frappante.

De nombreuses associations de cet ordre sont donc connues dès le Tertiaire inférieur, de nombreuses espèces peuvent y participer, et il est important de noter qu'une même espèce (*Hippoporidra edax* BUSK) peut fournir des aspects différents selon ses conditions de vie. Cela ne pourrait-il s'expliquer précisément par ceci ? Les matériaux nous manquent pour tenter une étude comparative. Il est intéressant cependant de souligner, en conclusion, le fort utile appoint d'information que nous apporte la méthode radiographique.

BIBLIOGRAPHIE

1. ABEL (O.), 1935. — Vorzeitlichen Lebensspuren. Iena, Fischer.
2. BUGÉ (E.), 1947. — Solution de problèmes bryozoologiques à l'aide des rayons X. *Bull. Mus. Nat. Hist. nat. (sous presse)*.
3. CANU (F.) et R. S. BASSLER, 1920. — North american early tertiary. Bryozoa. *Bull. U. S. Nat. Mus.* t. 106, p. 1-879, 162 pl.
4. — 1928. — Fossil and recent Bryozoa of the gulf of Mexico region. *Proc. U. S. Nat. Mus.*, 72, n° 14, p. 1-199, 34 pl.
5. — 1929. — Étude sur les ovicelles des Bryozoaires jurassiques. *Bull. Soc. linn. Normandie*, 8^e sér., II, p. 113-31, 3 pl.
6. DELPEY (G.), 1937. — Symbiose d'une Nérinée et d'un Hydrozoaire. *B. S. G. F.* (5), VII, p. 353-8, 2 pl.
7. DOUVILLÉ (H.), 1931. — Symbiose ou parasitisme. *Ibid.* (5), I, p. 391-6, 1 pl.
8. LECOINTRE (G.), 1929. — Symbiose des Cellépores et des Gastropodes dans les faluns de Touraine. *Ibid.* (4), XXIX, p. 401-4, 1 pl.
9. — 1933. — Cellépores, Gastropodes et Pagures. *Ibid.* (5), III, p. 485-6, 1 pl.
10. MICHELIN (H.), 1840-47. — Iconographie zoophytologique. Paris.

11. TRILLAT (J. J.) et J. ROGER, 1947. — L'utilisation des rayons X en Paléontologie *Rev. Scient.*, LXXXV, n° 3270, p. 335-42, 10 fig.
 12. ROGER (J.), 1947. — Sur l'application des rayons X aux études paléontologiques. *Bull. Mus. Nat. Hist. nat.* (2), XIX, n° 1, p. 118-120; n° 2, p. 224-229.

LÉGENDE DE LA PLANCHE XVII

(Pour l'explication des lettres A, B, C, voir p. 465).

- FIG. 1. — *Cellepora parasitica* MICHELIN. Faluns de Touraine. Échantillon très roulé : la perforation n'est pas très nette. (C, 180").
 FIG. 2. — *Cellepora minuta* CANU et BASSLER. Miocène de Natural Well (North Carolina). Les derniers tours commencent à se décoller (E, 10").
 FIG. 3. — *Cellepora* sp. Pliocène d'Asti (Italie). Le canal est amorcé. (A, 10").
 FIG. 4. — *Cellepora parasitica* MICH. Faluns de Touraine. La spire de Gastropode est peu visible. Nombreuses perforations dans le Bryozoaire. (A, 36").
 FIG. 5. — *Id.*, en milieu équiopaque. (C, 180").
 FIG. 6. — *C. parasitica* MICH. Faluns de Touraine. La bordure du canal est très nette. (A, 20").
 FIG. 7. — *Id.*, en milieu équiopaque (C, 180").
 FIG. 8. — *Hippoporidra edax* BUSK. Helvétien de Salles (Gironde). La bordure du canal est bien visible. En milieu équiopaque (C, 180").
 FIG. 9. — *Id.*, radiographie directe (B, 45").
 FIG. 10. — *C. parasitica* MICH. Faluns de Touraine. La spire et le canal sont marginés (A, 45").
 FIG. 11. — *Id.*, colonie non globuleuse, à cornes, mais non symétrique par rapport à l'ouverture : la netteté de structure du test de Gastropode et du canal est parfaite. En milieu équiopaque. (C, 180").
 FIG. 12. — *Id.*, radiographie directe (A, 10").
 FIG. 13. — *C. parasitica* MICH. Faluns de Touraine. Continuité du canal et bordure semblable. Milieu équiopaque. (C, 180").
 FIG. 14. — *Schismopora spatulata* (?) CANU et LECOINTRE. Faluns de Touraine. La structure de l'association est très nette. Le canal terminal n'est pas très régulier (A, 60").
 FIG. 15. — *Id.*, vue latérale.
 FIG. 16. — *Holoporella palmata* MICHELIN. Helvétien du Haguineau (Maine-et-Loire). Pas de lamelle basale visible à la radiographie. (B, 30").
 FIG. 17. — *Schismopora avicularis* HINCKS. Actuel de Las Aguilas (Espagne). Colonie fixée sur une Algue ; pas de lamelle basale différenciée. (A, 12").
 FIG. 18. — *Holoporella subalba* CANU et BASSLER. Actuel de la Havane (Cuba). Aucune différenciation de la lamelle basale (B, 8").
 FIG. 19. — *Holoporella albirostris* SMITT. Actuel du golfe du Mexique. Il n'y a pas de bordure nette à l'emplacement de cette lamelle (B, 6").

N. B. — L'examen direct des films est généralement plus démonstratif, car la reproduction photographique fait toujours disparaître certains détails et quelques nuances.

OBSERVATIONS SUR LES DÉPÔTS GLACIAIRES DANS LE MASSIF CENTRAL

PAR **Jean Roux**¹.

PLANCHE XVIII.

Actuellement il n'est plus guère admis que deux nettes périodes glaciaires en France, et plus particulièrement dans le Massif Central où les glaces furent, pour une grande part, filles des volcans surélévateurs des reliefs.

La plus ancienne, dite des plateaux, eut très certainement une ampleur et une durée infiniment plus importante que la dernière, dite des vallées. Tout démontre la véracité de ces assertions de principe, dans les multiples observations que l'on peut faire parmi l'étendue de l'âpre contrée sise dans ce typique et immense cirque qui, en demi-cercle, étend ses gradins étagés sur les pentes des monts volcaniques du Cantal, du Cézallier et des Monts-Dore, région dont le point ombilic se trouve au confluent des Rhues qui la drainent dans cette partie faillée et effrondée de Coindre, ainsi qu'il en fut question dans une note antérieure².

Les reliefs et dépôts consécutifs à l'action de la glaciation des vallées sont généralement bien mieux caractérisés que ceux des plateaux car, étant plus récents, ces témoins ont bien plus de fraîcheur, surtout s'ils n'ont pas été perturbés et plus ou moins entraînés par les eaux fin et post-glaciaires. En cela, l'ancienne vallée de la Rhue de Cheylade, qui s'étend de Sapchat à Cournil-lou, est des plus typiques, vu les blocs erratiques et moraines qui la garnissent et qui, grâce à diverses captures qui, graduellement, détournèrent les eaux vers l'W, ne furent ainsi par la suite que peu ou pas perturbés³.

Le dépôt le plus frappant en ces lieux est la moraine qui barre curieusement cette antique vallée, tout en supportant aujourd'hui la route de Coindre. Je ne pense pas qu'il existe un dépôt glaciaire mieux caractérisé et plus net, une moraine plus typique qui doit être citée et montrée comme un exemple d'enseignement (Pl. XVIII, fig. 1). L'ensemble des débris fluvio-glaciaires qui sup-

1. Note présentée à la séance du 10 novembre 1947.

2. *B. S. G. F.* (5), XV, p. 435-438, pl. VI, 1945.

3. *C. R. somm. S. G. F.*, séance du 21 déc. 1942.

portent le village de Sapchat en barrant le haut de la vallée abandonnée, furent davantage perturbés par une très longue période d'actions concomitantes des glaces et des eaux et ont, de ce fait, moins de caractère.

Certaines moraines terminales relativement puissantes, telles celles de la Véronne-sous-Riom, de la Santoire, en aval de Ségur, sont peu saillantes par suite des longs incidents d'avance et de recul des glaces qui firent l'office graduel de rouleau niveleur. Leur puissance n'est décelée que par la morsure érosive des eaux actuelles qui entaillent activement ces dépôts. Cette façon des dépôts généralement intacts qui garnissent la vallée fossile de la Rhue, fut récemment la cause d'une confusion. Au SE du village de Jointy, au point amont de la puissante moraine plate qui le supporte, pointe un léger ressaut dont une partie s'est révélée être une couche à peu près homogène de basaltes grenus ayant une puissance moyenne de 2 à 3 m.

M^{lle} Y. Boisse de Black¹, classa ce dépôt comme une sortie quaternaire synchrone de celle des environs du lac d'Aydat. C'est une très excusable erreur; ces basaltes viennent d'une sortie apparemment miocène, située à 3 km en amont, à Lestampe, ainsi qu'une analyse des roches l'a depuis confirmé. Le glacier avait là curieusement chargé et transporté un peu de cette sortie, très affouillée du fait du verrou lui faisant face, ceci sans trop la disloquer pour l'abandonner au point actuel en sa période de retrait définitif.

Les témoins de la grande glaciation première sont constitués d'abord par les blocs erratiques de nature diverse, laissés parfois sur des proéminences actuelles, conséquentes généralement de l'inversion des reliefs.

Ainsi sur l'arête basaltique de la Coustie, au N de Riom, se trouve un assez gros bloc de granulite pouvant venir de la région, en amont des Arbres où on les trouve. Souvent aussi ces blocs jalonnent l'extension et la puissance glaciaire, tel l'important cube basaltique que l'on observe dans la dépression carbonifère de Saigne-sous-Montpigot.

Les dépôts morainiques sont représentés surtout par de multiples placages glaciaires, à puissance irrégulière, selon l'incidence des reliefs, usés et disloqués souvent par les phénomènes postérieurs et représentant le reliquat de l'immense tapis que furent les moraines de fond, en résultat principal de cet « islandis ».

1. *CR Ac. Sciences*, t. 205, p. 616-617, 1937.

En principe, la première glaciation fit, avec ses produits, surtout du colmatage généralisé, alors que la deuxième n'édifia le plus souvent que des barrages localisés. Cette appréciation a toutefois des exceptions, ainsi que j'ai pu l'observer dans la région de Trizac. En venant de cette localité vers le col de la Besseyre (1.046 m), on est frappé par la vue d'une sorte de colline qui s'étend du SE au NW sur une longueur de plus de 2 km. (Pl. XVIII, fig. 2). A première vue on peut supposer être en présence d'une trainée volcanique étroite, ou restant de coulée étendue sur le plateau basaltique trizacois. Un examen plus approfondi démontre qu'il n'en est rien et que cette longue croupe est en réalité uniquement formée de débris hétérogènes, d'origine volcanique surtout, où priment basaltes et phonolytes. Cette dernière roche domine largement dans les blocs importants qui émergent tout au long de ce promontoir, tel celui qui sert de piédestal à la croix de la Besseyre. Ces phonolytes viennent du démantèlement des sorties bien connues que l'on observe à l'E vers Roche et Cournil. Ce long bourrelet de la Besseyre n'est donc, en conclusion, qu'une moraine terminale ou longitudinale (les deux hypothèses sont valables) dont le caractère n'est pas celui d'un placage mais bien d'une longue saillie de barrage.

Cette forme se rapportant à cette époque première est, à mon avis, très rare en ces hautes régions, de plus l'origine glaciaire de cette configuration n'a, à ma connaissance, jamais été précisée. De ce fait, il est utile, il me semble, de signaler ce trait particulier dû à la glaciation des plateaux en Auvergne.

LÉGENDE DE LA PLANCHE XVIII

FIG. 1. — Moraine type de vallée barrant l'ancien parcours de la Rhue au lieu de la Goutterie (2^e glaciation).

FIG. 2. — Moraine type de plateau au col de la Besseyre, région de Trizac (1^{re} glaciation).

CONCRÉTIONS QUARTZEUSES D'ORIGINE PÉDOLOGIQUE

PAR A. Cailleux¹.

PLANCHE XIX.

Alors que les concrétions de calcédoine ou d'opale, formées dans les roches sédimentaires ont été maintes fois étudiées, les concrétions quartzeuses n'ont été signalées que très incidemment. Lacroix lui-même, dans la Minéralogie de la France [5], n'en cite pas qui soient d'origine sédimentaire. Aussi n'est-il pas inutile de donner ici une première description de celles que j'ai pu observer. Je remercie M^{me} Termier, M^{lle} Duplaix et MM. Alloiteau, Bruet, Deicha, Fleisch, Lecointre, Macar, Pradel et Vatan, de l'aide qu'il ont bien voulu m'apporter. Et je dédie ce travail à la mémoire de notre confrère Gillard prématurément enlevé à l'affection de ses amis.

I. — GRANDES CONCRÉTIONS CHARENTAISES.

Historique. — Elles ont été signalées par Linder et Pervinquière [6] qui ne semblent pas les avoir distinguées des fossiles épigénisés. D'autre part, dans leur important travail sur les sols charentais [12], Verdié, Siloret et Franc de Ferrière leur ont consacré quelques lignes et en ont donné une analyse.

Gisements. — Appelées suivant les lieux *pringues*, *morilles* ou *pierres morelles*, les concrétions quartzeuses se rencontrent en de nombreuses localités, notamment dans le quadrilatère limité par Taillebourg, Saint-Porchaire, Saint-Fort-sur-le-Né et Rouillac. Elles présentent deux sortes de gisements : primaires et secondaires.

En *gisement primaire* elles se rencontrent dans les limons superficiels, à fleur de terre (0 à 20 cm de profondeur) ; le charriage aidant, elles jonchent la surface de certains champs ; sous bois, vers Écurat par exemple, il suffit de gratter avec le marteau la terre, sur 10 cm de profondeur à peine, pour en extraire une dizaine par dm². Ainsi, là où elles existent, loin d'être une rareté, elles pullulent. Contrairement à ce qu'ont supposé les

1. Note présentée à la séance du 17 novembre 1947.

auteurs, elles ne se sont pas formées dans le calcaire crétacé qui constitue le socle de la région. En effet, malgré d'attentives recherches pendant plusieurs années, ni M. Gillard, ni moi-même, ni aucun autre auteur n'en avons jamais trouvé dans le Crétacé, ni d'ailleurs dans l'Éocène *in situ*. Sur une coupe fraîche de la route de Saintes à Saint-Porchaire, elles sont absentes du calcaire crétacé et même de l'argile à silex, épaisse ici de 20 à 30 cm, qui le surmonte ; elles pullulent au contraire dans le limon, épais de 10 à 20 cm, sus-jacent. Si elles paraissent absentes de l'argile à silex pure, elles peuvent en revanche s'observer dans le *bief à silex* remanié, et dans la *zone d'accumulation* définie par les pédologues [12].

En *gisement secondaire*, ou présumé tel, les concrétions quartzeuses sont fréquentes dans les alluvions graveleuses quaternaires ; elles forment 5 % des cailloux de 4 à 6 cm dans les alluvions de la Charente au Port-d'Envaux, 5 % des cailloux de 2 à 4 cm dans celles de la Seugne à Saint-Léger-en-Pons, moins de 1 % dans celle du Né à Saint-Fort. Contrairement aux pierres d'autre nature, comme les silex et quartz, elles sont loin d'être réparties de manière uniforme dans le matériel alluvial.

Dans les célèbres gravières de la Nérolle, en Segonzac, par exemple, on en recherche vainement sur plusieurs m² de front de carrière, puis on en trouve brusquement un amas de cinq ou six, presque jointives. Au Port-d'Envaux, elles sont plus abondantes dans les couches supérieures à industrie moustérienne, que dans la base à industrie d'âge acheuléen ; cette recrudescence implique, postérieurement à l'Achéuléen, soit une nouvelle genèse de concrétions, soit, plutôt, une simple recrudescence des apports latéraux ici plus riches en concrétions : à la surface des champs des versants voisins, à la Prère notamment, on trouve en effet, parmi les galets et fragments de 4 à 6 cm, l'énorme proportion de 25 % de concrétions.

A la Nérolle, les concrétions, relativement rares dans les alluvions graveleuses, sont, au contraire, très nombreuses dans le limon blanc calcaire qui les couronne ; mesurant 1 à 5 cm, par places presque jointives, elles forment dans le limon un lit (rarement deux) si net qu'on a, à première vue, l'impression qu'elles ont pu se former là sur place. Un examen attentif montre que tel n'est probablement pas le cas : elles sont en effet associées à une minorité (5 à 10 %) d'éléments détritiques de 2 à 4 cm, quartz arrondis et silex usés, elles-mêmes sont parfois cassées ; il apparaît probable qu'elles ne sont pas ici *in situ*, mais représentent un apport venu du voisinage. Effectivement, des concrétions

semblables s'observent en grande abondance sur les pentes des versants voisins ; c'est là, dans le sol surmontant le calcaire crétacé, qu'il faut probablement chercher leur gisement originel.

Description. — Les concrétions sont de taille variable, depuis 1 cm et moins, jusqu'à 5 à 10 cm.

Leur forme générale est subsphérique, presque isodiamétrique. Leur aplatissement (longueur plus large divisé par le double de l'épaisseur) varie de 1,05 à 1,7 avec une valeur médiane de 1,2. A lui seul, il suffit à distinguer mes concrétions des coquilles épigénisées, toujours beaucoup plus plates (aplatissement : 3 à 10).

La surface est très irrégulière, bourgeonnante, en chou-fleur ; les mamelons montrent des bourrelets d'accroissement concentriques et laissent entre eux des dépressions ; l'aspect général rappelle la tête du champignon *Morchella esculenta*, d'où le nom vulgaire de *morille*. De loin en loin, à la loupe, on discerne quelques pointements pyramidaux de quartz.

La couleur est parfois blanche, parfois teintée de rose ou de rouille par des traces d'oxyde de fer, localisé de préférence dans les sillons et dépressions ; la pigmentation est souvent plus forte sur l'un des hémisphères.

En gisement secondaire, dans les alluvions graveleuses, les concrétions sont en général nettement usées. Dans quelques localités, toutefois, elles sont, au contraire, demeurées étonnamment fraîches (Saint-Port-sur-Né, la Nérolle), ou bien elles sont seulement cassées, ce qui s'expliquerait, en admettant que là, elles proviennent d'un versant tout à fait proche et que le transport en a été réduit au minimum.

Une plaque mince, pratiquée dans une concrétion de la Nérolle, montre une très belle cristallisation de quartz, rayonnante. Les centres sont distants de 3 à 6 mm environ. Autour de chacun d'eux et dans un rayon de 1 mm, le quartz est cristallisé en grains menus de 0,03 à 0,06 mm, diversement orientés, mais avec une dominante d'allongement radial ; vers l'extérieur on passe par transition à une zone corticale, où les cristaux de quartz sont plus grands, atteignant 1 à 2 mm, et où l'allongement radial est encore plus net.

Dans les cristaux de quartz s'observent diverses inclusions, indifféremment orientées, à contour irrégulier et qui sont probablement des restes de la roche-mère originelle ; les plus nombreuses, de beaucoup, sont des fragments de calcite, rares dans les zones centrales, ceux-ci sont presque exclusivement localisés dans les zones corticales, où leur intervalle n'excède pas 0,05 mm, de sorte que chaque cristal de quartz en paraît littéralement farci.

On n'observe ni calcédoine, ni opale.

L'analyse chimique d'un autre échantillon, probablement plus pauvre en inclusions de calcite, a donné à Verdié, Siloret et Franc de Perrière [12], les résultats suivants :

Silice quartzeuse.....	93,17
Silice soluble.....	2,44
Argile.....	0,64
Oxyde de fer et d'alumine....	0,30
Chaux.....	Traces
Magnésie.....	Traces
Perte au feu.....	2,80
Indéterminé.....	0,65

Genèse. — Mis à part les gisements secondaires, dont l'origine détritique est claire, la localisation des gisements primaires au voisinage immédiat de la surface, dans des limons, montre que des concrétions se sont formées dans le sol, par un processus pédologique.

Age. — Il est postérieur au Crétacé et à l'Éocène, et pour une part au moins, antérieur à l'Acheuléen, puisque, au Fort-d'Envaux, les concrétions se rencontrent, remaniées, dans les alluvions qui ont livré une industrie d'âge acheuléen.

II. — PETITES CONCRÉTIONS DE FRANCE ET DU LIBAN

Observant au binoculaire des échantillons de formations superficielles diverses, préalablement traitées par l'acide chlorhydrique, j'ai eu la surprise d'y découvrir des concrétions quartzeuses très analogues, en plus petit, aux précédentes, et qui avaient jusqu'à présent passé inaperçues.

Gisements. — Elles se rencontrent toujours en pays calcaire ou à substratum calcaire, tantôt dans des limons superficiels (entre Marigny et Vendevre dans la Vienne), tantôt dans des sables de recouvrement (puits de Truyes, Indre-et-Loire, à 1 m 50 de profondeur ; Mareuil, Dordogne et Fontmaur en Vellèches, Vienne, Éocène remanié), tantôt enfin, dans la terre rouge méditerranéenne argileuse (Beyrouth, Liban) ; dans tous ces cas, elles forment environ 0,1 % de la masse. A Arc-en-Barrois, toujours sur socle calcaire, elles sont reprises dans les alluvions à grains de 1 à 4 mm qui ont fourni à Bruet une faune du Pliocène terminal [2] et aussi dans les dépôts quaternaires remaniés des précédentes. Parmi l'ensemble des grains, elles représentent une proportion de 0,1 % à 1 %, le reste étant fait de calcaire détritique (97 %), quartz détritique (1 %), grains de limonite (1 %) et concrétions siliceuses d'autres types. En Charente-Maritime, enfin, sur le territoire de la feuille de Saintes au 1/80.000^e, où je les ai spécialement recherchées, j'en ai trouvé dans des sables superficiels

(Bussac, La Gripperie, Le Douhet) souvent à grains de quartz façonnés par le vent (Montpellier, Nancras, Pisany, Rétaud, Sablonceaux, Saintes), dans des sables limoneux éoliens (Berneuil, Chermignac), dans des limons (Écurat, Meschers, Pessines), dans le bief à silex (Écurat, Rétaud), dans le remplissage de fentes de décalcification (Luchat, Mosnac) et enfin dans la terre, à la surface des champs, bois et vignes (Bussac, Chermignac, Étaules, La Gripperie, Le Douhet, Le Gua, Marènnnes, Royan, Saint-Simon-de-Pellouailles, Varzay). Entre ces petites concrétions et les grandes concrétions charentaises ci-dessus décrites, s'observent toutes les transitions de dimensions et de formes : il s'agit bien d'un seul et même phénomène.

Description. — Très semblables dans tous les gisements, les concrétions mesurent 0,5 à 7 mm.

Elles sont le plus souvent aplaties; rarement globuleuses, parfois bicornues; elle montrent soit des mamelons bourgeonnant, soit un ou deux systèmes de bourrelets grossièrement concentriques. Elles sont parfois cassées. Enfin, elles présentent exactement les mêmes possibilités de pigmentation que les grandes concrétions charentaises.

Plusieurs plaques minces pratiquées dans les concrétions d'Arc-en-Barrois, montrent une cristallisation de quartz rayonnante comme dans les concrétions charentaises, mais à plus petite échelle : les centres sont distants de 1 mm environ; la dimension des cristaux de quartz varie de 0,03 mm au centre à 0,1 ou 0,2 mm en périphérie; dans certaines concrétions les quartz sont bien individualisés; dans d'autres ils gardent une texture fibreuse, réalisant une disposition sphérolitique; mais l'allongement positif des fibres montre qu'il s'agit ici, non pas de calcédonite, mais bien de quartzine. En lumière naturelle, la zone centrale apparaît très légèrement teintée de bistre, les zones corticales sont incolores. Les impuretés, très rares au centre, sont fréquentes en périphérie; elles consistent surtout en oxyde de fer.

Age. — Dans les gisements étudiés, les concrétions sont postérieures au Bathonien (Barrois), au Cénomanién (Liban), à l'Éocène probable (Charente-Maritime, Poitou, Dordogne) et au Sannoisien (Touraine). A Arc-en-Barrois, elles sont antérieures au Pliocène terminal, ou tout au plus en sont contemporaines. En Charente-Maritime elles sont postérieures à l'Éocène, car je ne les ai jamais rencontrées dans cet étage, sauf en cas de remaniement quaternaire.

Genèse. — Jamais concrétion de ce genre n'a été décrite dans les calcaires sous-jacents qui pourtant, à Arc-en-Barrois, ont fait l'objet, de la part de M. Bruet, d'une étude approfondie. Dans

tous les cas étudiés, la localisation au voisinage de la surface du sol indique, comme en Charente, une origine pédologique. Jusqu'à plus ample informé, l'existence de concrétions au Liban laisserait penser, mais, avec doute, qu'il s'agit plutôt d'un processus de climat chaud que de climat froid. L'âge probablement tertiaire des échantillons français plaiderait dans le même sens.

III. — COMPARAISONS.

J'ai pu vérifier sur échantillons, et M. Peyre a contrôlé sur le terrain, que les quartz bacillaires jadis signalés à Beaucozéz [6 et 9], sont bien, comme l'ont noté les anciens auteurs, d'origine filonienne et par suite, n'ont rien à voir avec les concrétions charentaises.

En revanche, par le dessin en bourrelets concentriques, nos concrétions quartzeuses se rapprochent des fossiles silicifiés. Ceux-ci sont précisément très abondants en Charente. On les décrit ordinairement comme constitués de *beekite*, qui est une variété de calcédoine [6]. Mais d'après un renseignement verbal de M^{me} Termier et de M. Alloiteau, on y observe aussi du quartz. Effectivement, une plaque mince taillée dans *Neocoenia Renzi*, du Cénomanién de Rochefort, communiquée par M. Alloiteau, montre des quartz atteignant 0,1 à 0,2 mm, disposés en sphérolites. Il est donc *possible* — mais non prouvé — que certaines silicifications de fossiles primitivement calcaires résultent des mêmes processus que les concrétions étudiées ici.

Les oolithes silicifiées, ou *Kieseloolithes* [8, 10] exclusivement connues à l'état de galets dans les formations superficielles présumées pliocènes des plateaux wallons et rhénans et dont on ne connaît ni le gisement originel, ni le processus de silicification, présentent avec nos concrétions des analogies plus lointaines. En plaque mince, un échantillon aimablement offert par M. Macar, montre des noyaux de 0,3 à 0,6 mm, entourés chacun d'une auréole. Les noyaux, peut-être pseudo-oolithiques, consistent en une mosaïque de quartz isodiamétriques, sans orientation privilégiée, mesurant en général 10 à 20 μ , et, par places, 50 à 100 μ . Les auréoles sont faites de fibres de quartzite, longues de 60 μ , à allongement positif, passant latéralement, par endroits, au quartz typique. Enfin les méats restants sont comblés de grands quartz de néogénèse mesurant 100 à 200 μ .

Par ailleurs des cas intéressants de silicification ont été récemment signalés par MM. Deicha et Ellenberger [3 et 4]; ils montrent une séquence partant de l'opale pour aboutir à la calcédoine

et au quartz et, fort ingénieusement, les auteurs invoquent le passage concomitant d'un milieu sursaturé (Deicha) ou concentré (Ellenberger) à un milieu plus proche de l'équilibre ou moins concentré. Les concrétions que j'ai décrites ici nous ont montré une séquence parallèle, mais différente, allant tout au plus de la quartzine au quartz; toutefois, le passage se fait ici encore, des petits cristaux aux grands cristaux, conformément à la règle formulée par M. Deicha.

Enfin, pour expliquer les silicifications diverses et notamment les néogénèses de quartz qu'il a découvertes à la Martinique, M. Barrabé [1] a fait appel à une mise en mouvement de la silice, consécutive à une latéritisation, hypothèse fort plausible sous climat tropical. Réserve faite quant à la latéritisation, les concrétions françaises et libanaises relèvent, à mon sens, d'un processus analogue.

IV. — CONCLUSIONS.

J'ai montré qu'on rencontre en Charente, Périgord, Poitou, Touraine, Barrois et jusqu'au Liban, des concrétions tantôt purement quartzeuses, tantôt formées de quartzine et de quartz. En gisement primaire, elles sont toujours situées à quelques décimètres de la surface du sol. Elles sont incomparablement plus répandues qu'on ne pourrait le penser. Elles sont probablement un constituant normal de certains sols, au même titre que par exemple les poupées du loess. Seule, leur taille habituellement très petite et la confusion possible avec de banaux fragments de meulière ou de silex, avaient empêché, jusqu'à présent, d'en reconnaître l'extrême fréquence.

Elles se sont formées par un processus pédologique. Leur genèse ne s'expliquera bien que lorsqu'on connaîtra mieux les modalités de migration de la silice dans les sols. Inversement, la connaissance de leur répartition et de leur manière d'être apportera au pédologue quelques données sur le devenir de cette silice, dont il note bien souvent le départ, mais dont il n'avait pas toujours su, jusqu'ici, déceler le point d'arrivée.

OUVRAGES CONSULTÉS

1. BARRABÉ (L.). — Sur la présence d'amas de calcaires silicifiés dans des tufs, à la Martinique, et sur leur mode de silicification. *B. S. G. F.* (4), XXVIII, p. 65-68, pl. VI, Paris, 1928.
2. BRUET (E.). — Recherches sur l'évolution continentale de quelques

- sédiments. *Mém. Soc. Ét. Sc. Nat. Haute-Marne*, n° 1, p. 1-278, pl. I-XVIII, Gap, 1932.
3. DEICHA (G.). — Le quartz et le problème de la silicification. *C. R. somm. S. G. F.*, p. 93-94, Paris, 23 avril 1945.
 4. — Silicification de failles aux environs de Biot (Alpes-Maritimes). *Ibid.*, p. 11-13, Paris, 20 janv. 1947. Observations de MM. BOURCART et ELLENBERGER.
 5. LACROIX (A.). — Minéralogie de la France et de ses colonies. 5 vol., Paris, 1913. Voir t. III, p. 69, fig. 35, p. 143, fig. 3-7 et p. 147.
 6. LINDER et PERVINQUIÈRE. — Carte géologique de la France au 1/80.000^e, feuille de Saintes. Notice. Voir Santonien et Alluvions récentes.
 7. LUCAS (G.). — Description géologique et pétrographique des monts de Ghar Rouban et du Sidi el Abed (frontière algéro-marocaine). *Bull. Serv. Carte géol. Algérie*, 2^e s., n° 16, 2 vol., p. 1-538, pl. I-XXXIV. Voir p. 523.
 8. MACAR (P.). — La valeur, comme moyen de corrélation, des cailloux d'oolithe silicifiée et l'origine des graviers dits « Onx » des Hautes-Fagnes. *Bull. Soc. belge Géol., Pal. et Hydrol.*, t. LIV, 3, p. 214-253, 112 réf. bibliogr., Bruxelles, 1945.
 9. MÉNARD DE LA GROIE. — Sur le quartz commun fibreux ou radié, qui se trouve principalement en France dans le département du Maine-et-Loire. *Jour. Mines*, t. XXVII, p. 67, Paris, 1810.
 10. VAN DEN BROECK (E.). — Des cailloux oolithiques des graviers tertiaires des Hauts plateaux de la Meuse. *Bull. Soc. belge Géol., Pal. et Hydrol.*, t. III, p. 404-412, Bruxelles, 30 oct. 1889.
 11. VATAN (A.). — Remarques sur la silicification. *C. R. somm. S. G. F.*, p. 99-101, Paris, 3 mars 1947.
 12. VERDIÉ (H.), G. SILORET ET J. FRANC DE FERRIÈRE. — Les sols de la Charente-Inférieure (relations entre la pédologie et les désignations locales). *Ann. agron.*, 4^e année, n° 6, p. 732-769, Paris, nov.-déc. 1934.
 13. WETZEL (W.). — Über Blauquarz und über Kieselringe. *Neues Jahrb. f. Min.*, II, p. 117-118, 1913.

LÉGENDE DE LA PLANCHE XIX

Concrétions quartzzeuses d'origine pédologique.

- FIG. 1. — Mareuil (Dordogne). Dans un sable superficiel. $\times 8$.
- FIG. 2. — Entre Marigny et Venduvre (Vienne). Dans un limon. $\times 8$.
- FIG. 3. — Beyrouth (Liban). Dans une terre rouge méditerranéenne argileuse. $\times 8$.
- FIG. 4. — Concrétions charentaises de gisement secondaire, grandeur naturelle. Celle du haut, provenant du limon blanc de la Nérolle, a conservé sa fraîcheur originelle. Celle du bas, provenant d'alluvions graveleuses, est très usée.
- FIG. 5. — Concrétions, à l'état probablement remanié, dans les gravillons pliocènes d'Arc-en-Barrois. $\times 3$.
- FIG. 6. — Segonzac, la Nérolle (Charente). Plaque mince, nicols croisés, $\times 22,5$.
- FIG. 7. — Même plaque, nicols croisés, $\times 45$.

RÉSULTATS FOURNIS PAR L'APPLICATION DES RAYONS X A LA PALÉONTOLOGIE

PAR J. Roger¹.

PLANCHES XX A XXIII.

Dans une courte note précédente² j'ai indiqué l'historique des travaux, relativement rares, surtout en France, effectués dans la voie de l'application des rayons X à la Paléontologie. J'ai donné un aperçu général sur les possibilités de cette technique et sur sa pratique.

Estimant qu'il est de toute première importance de développer les méthodes et les techniques³ j'ai consacré des efforts sérieux à la pratique des rayons X en vue de travaux paléontologiques. Depuis la publication de l'article signalé plus haut j'ai poursuivi des essais méthodiques desquels se dégagent dès maintenant des conclusions qui font l'objet de cette note.

De l'examen des publications éparses se rapportant à cette question⁴ il se dégage un certain nombre d'idées. Des tentatives d'application aux fossiles ont été faites très tôt après la découverte de Roentgen. Par la suite, de façon très intermittente, au hasard, des radiographies ont été réalisées, mais jamais de façon méthodique et suivie. La valeur très inégale des radiographies obtenues s'explique en premier lieu par la nature des gisements et en second lieu par celle du groupe étudié. Dans un travail de prospection, comme celui que j'ai tenté, il importait donc de radiographier des échantillons en provenance de gisements variés et appartenant à des groupes divers.

L'étude préliminaire de quelques-unes des photographies suffit à convaincre de l'intérêt majeur de la technique.

1. Note présentée à la séance du 17 novembre 1947.

2. Sur l'application des rayons X aux études paléontologiques. *Bull. Mus. Nat. Hist. nat.*, 1948, (2), t. 19, n° 1, p. 118-120 ; n° 2, p. 224-229.

3. Il m'est arrivé de m'apercevoir que ce qui semblait une technique est en réalité une méthode. Par exemple la biométrie n'est pas un simple moyen pratique de rendre objective la délimitation d'une espèce ; elle introduit la notion fondamentale de réalité statistique dans les études systématiques.

4. On trouvera une bibliographie dans la note signalée précédemment et dans un article de la *Revue scientifique* (TRILLAT J., ROGER J., n° 3270, p. 325-324).

1. Résultats obtenus pour divers gisements.

1. *Schistes ardoisiers du Dévonien inférieur du Hunsrück (Bundenbach et Guemünden)*. Ces gisements ont été de loin les plus complètement étudiés à l'aide des rayons X. Lehmann de Kirn poursuit encore des travaux entrepris depuis au moins une quinzaine d'années. Les résultats sont particulièrement remarquables, notamment en ce qui concerne les Crinoïdes, les Astérides (travaux non publiés de Lehmann), les Arthropodes, plus particulièrement des formes énigmatiques (*Palaeoisopus problematicus* BROILI, *Cheloniellon calmani* BROILI) et les Trilobites exemplaires de *Phacops ferdinandi* KAYSER montrant les appendices à la radiographie).

J'ai étudié les matériaux existant en collection, quelques échantillons qui m'ont été communiqués et de nombreuses pièces que j'ai récoltées aux cours d'une mission en Allemagne. Les résultats n'ont pas déçu mes espérances. A titre d'exemple on peut signaler cette plaque portant un échantillon à peine visible d'Ophiure. La radiographie fournit l'exemplaire très complet et parfaitement étudiable. De l'ensemble des essais effectués sur des matériaux de ce gisement on peut conclure que, dans beaucoup de cas, le temps passé pour dégager les fossiles a été rigoureusement perdu et les manipulations subies par les pièces n'ont fait que les détériorer. Dans un tel gisement il conviendrait donc de radiographier avant toute autre opération.

Quelques radiographies de ces schistes ardoisiers présentent un intérêt spécial. Un fossile, rare semble-t-il, possède une forme allongée (175 mm sur 37 mm dans la plus grande largeur), triangulaire, légèrement arquée. L'extrémité la plus large présente un renflement ovoïde. A sa surface on discerne un réseau régulier, continu. Cet organisme énigmatique a été considéré comme représentant un Coelentéré, un Spongiaire, une Holothurie, etc... Oakley pense qu'il pourrait s'agir d'une Éponge siliceuse indéterminable. Il ne semble pas que des échantillons de cet organisme aient été soumis à une étude approfondie par les techniques modernes de coupes sériées, en raison probablement de leur rareté. Sur un exemplaire, très complet, rapporté lors d'un voyage en Allemagne, la radiographie révèle l'existence d'un axe opaque aux rayons X, d'environ 7 mm de largeur, parcourant tout le corps jusqu'à la base du renflement. Il est irrégulièrement segmenté. Sur chaque bord du fossile on remarque en outre une bande incomplète paraissant de même nature que l'axe. Les informations supplémentaires données par la radiographie posent la question des affinités de cet organisme sous un aspect nouveau. On peut penser à un Procordé primitif, ou encore à un organisme appartenant

aux Échinodermes primitifs, ou bien à une association. La réalisation de radiographies dans des conditions différentes pourra donner déjà des indications utiles. Ainsi un cliché effectué dans le Laboratoire de J. Trillat par le procédé des solutions équiopaques (voir l'article indiqué p. 483 en note infrapaginale) donne du renflement une vue plus satisfaisante. Il faudrait aussi multiplier les radiographies d'autres exemplaires. Je n'en connais pas d'autres en France, mais une photographie que m'a adressée Lehmann, montre, quoique plus vaguement, l'indication d'un axe. La pratique de coupes sériées est aussi à prévoir, mais il n'est pas possible de sacrifier un échantillon unique. De toute façon on peut être certain que les rayons X seront d'une réelle utilité dans l'étude de ce problème.

Il est inutile de s'attarder plus longtemps sur les beaux résultats que donne ce gisement. En conclusion on peut retenir qu'ils sont attribués à l'existence de pyrite qui recouvre d'une mince pellicule les restes organiques ou les imprègne complètement. Il ne semble pas d'ailleurs que l'analyse de cette question ait été poussée bien loin. Elle est en somme du domaine de la chimie.

2. *Schistes du Dévonien moyen de Wissenbach (Nassau)*. Quelques plaques seules ont été étudiées, elles suffisent cependant à montrer que ce gisement est probablement aussi favorable que ceux du Hunsrück. Les *Orthoceras* fournissent de très beaux clichés : forme et dimensions des loges, notamment des premières, indications sur les parois, sur le tracé du siphon. Une petite plaque donne à la radiographie un grand nombre de minuscules organismes aciculaires (*Tentaculites* probablement et *Orthoceras* de très petite taille).

En multipliant les clichés on obtiendrait probablement des surprises dans ce gisement.

3. *Schistes du Silurien de Saint-Sauveur-le-Vicomte (Manche)*. Les quelques plaques de ce gisement soumises à l'étude ont donné, notamment en ce qui concerne les *Orthoceras*, des renseignements aussi bons que pour le gisement de Wissenbach.

4. *Schistes siluriens à Graptolithes d'Oslo*. Les résultats sont dans ce cas absolument surprenants. Sur les radiophotographies, les très beaux Graptolithes qui se trouvaient en surface ne se traduisent pas, par contre d'autres colonies, d'espèces différentes, situées dans l'épaisseur de la roche, se voient très bien. En outre, une multitude d'autres organismes, peut s'observer. Les uns appartiennent peut-être aux genres de position mal définie, comme *Chaunograptus*, d'autres me paraissent énigmatiques. Ces documents devront être examinés par des spécialistes du Primaire inférieur.

5. *Holzmaden*. Des schistes du Lias supérieur de la région de Stuttgart ont été radiographiés, notamment des plaques portant des *Chondrites bollensis*. Ces traces ne se sont pas traduites sur le film, par contre on peut remarquer sur le cliché de nombreux restes très fins, de petits amas, ensemble dont l'interprétation demandera de nouvelles recherches. Des radiographies de Céphalopodes dibranchiaux de ces gisements fournissent également des indications sur l'organisation interne et sur les éléments divers de la gangue, mais dans l'ensemble ces clichés sont moins spectaculaires et leur interprétation est plus laborieuse.

6. Je n'ai tenté que quelques essais dans des grès. Notamment un grès à Reptiles de Madagascar (Permien) fournit parfaitement aux rayons X le contour des ossements variés qu'il renferme.

7. Pour les *calcaires* je n'ai tenté de radiographies que sur les dépôts sénoniens de Sahel-Alma (Liban). Les résultats ont été jusqu'à présent négatifs. Cela m'a incité à essayer une technique nouvelle d'imprégnation par des sels de métaux de numéro atomique élevé. Les premiers résultats des expériences en cours sont satisfaisants. De toute façon il conviendra de chercher les résultats radiographiques donnés par d'autres calcaires.

Conclusion. — Les schistes noirs donnent le plus grand nombre de succès ; cependant avec certains on aboutit à des échecs (par exemple les schistes d'Angers, ceux de Lesmahago). D'autres roches fournissent de bonnes radiographies de fossiles. Il convient donc de ne jamais reculer devant une tentative portant sur un nombre suffisant d'échantillons, provenant autant que possible de couches variées du gisement. Les avantages de la méthode justifient le temps passé, d'ailleurs peu considérable. On peut grâce à cette méthode multiplier le nombre des observations sur une espèce donnée ; on voit sur une seule plaque réunis les éléments de toute une faune ; il devient possible de tenir plus largement compte des conditions de fossilisation et des déformations diverses. D'ailleurs les bonnes radiographies donnent une impression de relief et de vie remarquable. En outre il est parfaitement possible, pour des échantillons épais, de pratiquer des stéréo-radiographies. On pourrait préconiser dans beaucoup de cas une photographie des échantillons aux rayons X à la place de la photographie ordinaire. Il faut souligner spécialement l'utilité des rayons X dans l'étude de certaines associations du groupe des symbioses ou parasitisme. Dans un autre article

nous en donnons des exemples (Bryozoaires et Gastropodes de l'Helvétien de Touraine). Signalons encore une colonie complexe de Polypiers de l'Helvétien de Touraine, dont l'aspect de colonie de *Cellepora* (Bryozoaires) était suffisamment frappant pour que la confusion puisse être faite au premier coup d'œil, même par un spécialiste. La radiographie montre avec netteté les calices et en outre les perforations variées qui pénètrent la colonie. Dans l'étude des nodules, les rayons X seraient également d'une grande utilité. On sait que souvent ceux-ci renferment, dans une proportion variable, des fossiles de conservation remarquable. Le travail pénible qui consiste à en fendre un grand nombre, pourrait être remplacé par un premier tri effectué sur radiographie. En outre les rayons X pourraient souvent révéler des indications intéressantes que le coup de marteau détruit. J'ai traité par ce procédé quelques nodules du Trias de Madagascar et toujours avec succès. L'application de la technique des solutions équipaques améliorerait les résultats. En un mot la méthode roentgenographique se révèle comme un précieux moyen d'étude en paléobiologie.

II. Résultats obtenus dans les différents groupes.

Dans un très intéressant article publié en 1939, A. Boni a donné une revue des résultats obtenus dans l'étude aux rayons X des différents groupes fossiles et en particulier des Brachiopodes¹. Je veux simplement apporter quelques illustrations et quelques compléments à cet article.

1. *Végétaux*. Les meilleurs résultats seront probablement donnés par la pratique des microradiographies. Des essais ont été tentés au laboratoire du C. N. R. S. de Bellevue, grâce à l'amabilité de J. J. Trillat. La technique demande un appareillage plus complexe.

2. Lemoine figurait dès 1897 des radiographies de *Nummulites* tout à fait remarquables. J'ai pu vérifier l'exactitude de ses résultats. On conçoit le gain de temps qu'il y a à remplacer les sections polies par des radiographies, qui, en outre, ont le gros intérêt de permettre l'étude d'un grand nombre d'échantillons et de tenir compte de la variabilité. Il conviendrait également de tenter des radiographies dans les gisements où les foraminifères sont à l'état de moules pyriteux.

1. BONI A. 1939. Radiografie di fossili particolarmente di Brachiopodi. *Boll. Soc. geol. Ital.*, t. 57, n° 3, p. 265-286, 1 pl.

3. *Graptolithes*. J'ai montré précédemment que ces organismes pouvaient être révélés par la radiographie et que des formes de position incertaine appartenant à ce groupe, apparaissaient en grand nombre, dans certains cas. Dans quelques gisements (notamment les schistes de Deepkill et de Normannskill aux U. S. A.) les thèques sont remplies de pyrite. Dans ce cas les radiographies seraient très bonnes. Des essais effectués sur des matériaux du Silurien de Rochester (U. S. A.) m'ont d'ailleurs fourni de beaux clichés.

4. *Spongiaires*. La radiographie d'un échantillon d'origine inconnue (Crétacé supérieur d'Indre-et-Loire?) présentant une perforation montre un réseau et laisse supposer que la perforation est de trajet spiralé. Des radiographies effectuées sur des Spongiaires du Sénonien prouvent l'avantage considérable des solutions équiopaques.

5. *Coralliaires*. Dans les schistes dévoniens et siluriens j'ai plusieurs fois pu mettre en évidence des *Zaphrentis* difficilement observables en vue superficielle. Plus haut j'ai indiqué le cas d'une colonie de faluns de Touraine.

6. Les *Bryozoaires* ont donné des résultats surprenants en radiographie ordinaire ou en microradiographie (voir une note de E. Buge¹).

7. Les *Brachiopodes* ont été spécialement étudiés par A. Boni. Les résultats sont très variables, ce que m'ont confirmé les quelques essais que j'ai tentés.

8. *Échinodermes*. Tous les groupes fournissent d'excellentes radiographies, dans beaucoup de cas. C'est le groupe le plus étudié, cependant les Cystoïdes avaient été négligés jusqu'à présent. J'ai pu m'assurer qu'ils seraient utilement étudiés par le procédé des rayons X.

9. *Arthropodes*. Des résultats remarquables ont été obtenus, surtout sur des formes du Primaire. Il semble bien que les Trilobites pourraient donner par cette méthode des renseignements fort intéressants. Des radiographies réalisées, je retiendrai trois exemples. Un exemplaire de *Calymene pulchra* du Silurien de Riadan (I.-et-V.) montre sur la radiographie un prolongement à aspect de pointe génale sur la face inférieure. L'interprétation demandera de nouvelles recherches. *Calymene tristani* du Silurien de la Vallée-Saint-Aubin radiographié laisse apercevoir une

1. Problèmes bryozoologiques résolus à l'aide des rayons X (à l'impression dans le Bull. Mus. Nat. d'Hist. nat.).

grande partie des appendices et une ligne sombre longitudinale, qui n'est pas un accident de développement (plusieurs radiographies successives donnent exactement le même aspect), ni un accident de fossilisation car la même ligne existe, beaucoup moins nette, symétriquement. Sur l'holotype de *Lichas balliviani* KOZLOVSKI, du Dévonien de Bolivie, un des prolongements céphaliques, invisible en vue superficielle, est parfaitement observable sur le cliché radiographique. Je me propose de tenter des radiographies sur les autres groupes d'Arthropodes du Secondaire et du Tertiaire.

10. *Lamellibranches*. Des exemplaires de la collection d'Orbigny provenant de Villerville (Kimmeridgien) ont fourni des radiographies sur lesquelles les charnières peuvent sans doute être interprétées. Des formes des genres *Opis* et *Pseudopis* ont été assez peu satisfaisantes.

11. *Gastropodes*. Dans les gisements fortement pyriteux (comme Wissenbach) les coquilles de Gastropodes sont parfaitement rendues. Pour les formes du Tertiaire et même du Secondaire, la radiographie permet une étude parfaite de la columelle en faisant l'économie d'une section et d'un échantillon.

12. *Céphalopodes*. Dans presque tous les cas, mais spécialement avec les pyriteux, on obtient sans difficulté les tours internes chez les Ammonites, les cloisons et parfois les lignes de suture. La radiographie d'une belle Bélemnite du Lias de Sainte-Colombe montre parfaitement l'épirostre. J'ai indiqué précédemment que des Dibranchiaux du Lias de Boll pouvaient être utilement étudiés aux rayons X.

13. Pour les *Vertébrés* les avantages des radiographies sont trop évidents pour que j'insiste. Trois exemples suffiront : un bloc de grès permien de Madagascar montre ainsi tous les os contenus ; un crâne écrasé de petit insectivore des phosphorites du Quercy montre sa région otique en détail ; une plaque de schistes d'Autun laisse apparaître les os, notamment la mâchoire d'*Actinodon*, qu'il renferme.

Conclusion. — La valeur des résultats obtenus par radiographie dépend en partie de la place occupée par l'organisme dans la classification, mais aussi, pour une grande part, de son état de conservation (notamment suivant qu'il est creux ou rempli de gangues de nature variée) et du milieu de fossilisation. Cependant le nombre de résultats positifs est suffisamment grand pour qu'un essai soit tenté dans tous les cas. Les échantillons ne sont

pas détériorés ou perdus (comme dans le cas de coupes), la rapidité d'opération autorise l'application à un grand nombre d'individus.

Conclusions.

Au cours de cette note j'ai probablement posé plus de problèmes que je n'en ai résolus. Mon but était précisément de montrer qu'à l'aide des rayons X beaucoup de questions paléontologiques pouvaient être utilement fouillées. Je cherchais aussi à convaincre de l'intérêt de la technique. Le paléontologiste ne doit rien négliger qui puisse apporter des compléments aux informations fragmentaires qu'il récolte ; l'existence de ces lacunes est d'ailleurs un des gros reproches qui lui sont faits. Dans les problèmes de classification, tous les caractères doivent être utilisés. Il en est que seule la radiographie peut révéler chez les fossiles. Pour chaque caractère on est maintenant bien convaincu qu'il faut tenir compte de la variabilité. Pour beaucoup on est limité dans cette voie par la rareté des échantillons, par leur état incomplet, par la nature même du caractère (par exemple s'il s'agit de caractères de structure interne). Les rayons X peuvent pallier toutes ces insuffisances. J'ai déjà souligné l'intérêt de la technique proposée ici pour les études de paléobiologie, de fossilisation, etc...

Les films utilisés, avec une installation de fortune, comportant un appareil ordinaire médical, m'ont fourni plus de 60 % de cas favorables. Il n'est donc pas exagéré de déclarer qu'il est d'une grande importance de poursuivre, dans des cas variés et de façon méthodique et continue, les travaux de radiographie paléontologique commencés au Centre de documentation paléontologique du Muséum. L'amélioration de l'installation, l'utilisation de procédés variés, grâce à une collaboration avec le Laboratoire de J. J. Trillat, l'utilisation de diverses techniques (imprégnations de sels de plomb par exemple), permettront certainement d'accroître encore la valeur des résultats.

De toute façon le Centre de documentation paléontologique du Muséum national d'Histoire naturelle se tient à la disposition des chercheurs qui auraient le désir de faire tenter des études radiographiques sur leurs matériaux.

LÉGENDES DES PLANCHES XX A XXIII

PLANCHE XX.

Organisme problématique du Dévonien inférieur de Guemünden (Hunsrück).
Coll. Lab. Pal. Muséum.

FIG. 1. — Vue superficielle $\times 0,8$.

FIG. 2. — Radiographie (cliché J. J. Trillat) $\times 0,8$ environ.

PLANCHE XXI.

FIG. 1. — *Furcaster paleozoicus* STURTZ du Dévonien inférieur de Bundenbach (Hunsrück). Coll. Lab. Pal. Muséum.

Vue superficielle $\times 1$.

FIG. 2. — Le même, radiographie (cliché Centre de documentation paléontologique).

FIG. 3. — *Calymene pulchra* BARRANDE. Silurien de Riadan (I.-et-V.) Coll. Lab. Pal. Muséum.

Vue superficielle $\times 1$.

FIG. 4. — Le même, radiographie (cliché C. D. P.)

FIG. 5. — *Calymene Tristani* BRONGNIART. Silurien de la Vallée-en-Saint-Aubin (I.-et-V.). Coll. Lab. Pal. Muséum.

Vue superficielle $\times 1$.

FIG. 6. — Radiographie du même (cliché C. D. P.).

Les appendices sont en grande partie visibles et une ligne longitudinale, nettement observable surtout à droite, correspond à une structure dont l'interprétation est à rechercher.

PLANCHE XXII.

Plaque de schiste du Silurien inférieur d'Oslo
portant des *Phyllograptus typus* HALL. Coll. Lab. Pal. Muséum.

FIG. 1. — Vue superficielle $\times 0,75$ environ.

FIG. 2. — Radiographie du même (cliché C. D. P.) $\times 0,75$ environ.

PLANCHE XXIII.

FIG. 1. — *Tetragraptus tetrabrachiatus* HALL. Silurien des environs d'Oslo. Coll. Lab. Pal. Muséum $\times 1$.

FIG. 2. — Radiographie du même (cliché C. D. P.) $\times 1$.

FIG. 3. — *Helianthaster rhenanus* ROEMER. Dévonien inférieur de Bundenbach (Hunsrück), Coll. Lab. Pal. Muséum.

Radiographie (cliché C. D. P.).

FIG. 4. — Plaque de schiste du Silurien d'Oslo portant *Diplograptus peregrinatus* LAPW. Coll. Lab. Pal. Muséum

FIG. 5. — Le même. Radiographie (cliché C. D. P.).

RELATIONS ENTRE TECTONIQUE ET SÉISMICITÉ EN TURQUIE

PAR **Ervin Lahn**¹

INTRODUCTION.

La Turquie est un pays où les tremblements de terre sont fréquents — depuis 1938, une douzaine de tremblements de terre destructifs et quelques centaines de secousses sans dégâts ont été signalés — et des zones sismiques se trouvent dispersées presque partout dans le pays. Englobée entièrement dans la zone orogénique alpine, la Turquie se prête bien aux études sur les relations existant entre la répartition des épicentres et les structures tectoniques, études qui aboutissent à deux questions essentielles : 1) L'activité sismique du pays, est-elle en relation avec les structures orogéniques de ce dernier, ou dépend-elle des lignes cratogéniques ? 2) Peut-on constater, en comparant la Turquie aux autres secteurs de la zone orogénique alpine, une particularité tectonique permettant d'expliquer la fréquence des séismes en Turquie ? L'auteur a déjà essayé de répondre à ces questions dans une note préliminaire [16] ; l'étude suivante permettra une discussion plus approfondie du problème.

L'étude systématique — géologique aussi bien que sismologique — de la Turquie n'a pu être commencée que depuis quelques années, depuis la fondation des institutions scientifiques nationales, comme l'Institut d'Études et de Recherches Minières (MTA), les Universités d'Ankara et d'Istanbul, etc. La première phase des recherches géologiques entreprises surtout par les départements géologiques du MTA et de l'Université d'Istanbul s'est terminée par la publication d'une carte géologique et d'une carte tectonique de la Turquie au 1/800.000^e [26 et 27]. Les études sismologiques exécutées par les mêmes services, ainsi que par le Ministère des Travaux Publics, ont permis la rédaction d'une carte sismique utilisée par les services compétents. Cette carte a été précédée de publications diverses réunies, par N. Egèran et l'auteur de la présente étude, dans une note explicative accompagnée d'une carte sismo-géologique du pays [10].

Les recherches exécutées jusqu'à présent nous permettent seulement d'établir les lignes générales de la géologie et de l'activité

1. Note présentée à la séance du 10 novembre 1947.

sismique de la Turquie. Un grand nombre de détails, comme la détermination du degré des secousses sismiques, la délimitation et la classification exacte des zones sismiques reconnues, etc., restent encore à éclaircir.

STRUCTURE TECTONIQUE DE LA TURQUIE.

Les études faites pour la publication de la carte géologique de la Turquie ont permis de préciser la structure géologique du pays : la Turquie entière fait partie du système orogénique alpin. L'avant-pays septentrional (plate-forme russe), ainsi que la branche latérale caucasienne de la zone orogénique n'entrent pas dans le territoire turc. La partie septentrionale de l'Anatolie et la Thrace turque sont occupées par l'aile N (aile alpine) de la zone orogénique (Alpes septentrionales — Carpathes — Balkans — chaînes de l'Iran septentrional), la partie S de l'Anatolie fait partie de l'aile S de ce système (aile dinaride, Alpes méridionales — chaînes dinariques — chaînes sud-iraniennes). L'espace entre ces deux ailes est remplie de massifs et de plis occupant une position intermédiaire entre les deux tronçons principaux. L'avant-pays méridional (bloc arabe) pénètre dans le coin SE de l'Anatolie [9 et 11].

RÉPARTITION DES ZONES SISMIQUES.

Les recherches faites jusqu'à présent permettent d'établir la présence de quatre zones sismiques de premier rang, où des secousses destructives se répètent depuis les temps les plus reculés, ainsi que plusieurs zones de deuxième catégorie, dans lesquelles des séismes légers sont fréquents, mais des secousses destructives rares [10].

Zones de premier rang. — Les quatre zones sont :

1) *Zone sismique nord-anatolienne* allant de la mer de Marmara, à l'W, jusqu'au delà de la frontière turco-russe, à l'E. Cette zone tectonique, d'une longueur de plus de 1.400 km, a attiré depuis longtemps l'attention des géologues qui l'ont interprétée d'une manière assez différente. Des auteurs comme W. Salomon-Calvi et J. Nowack, ont vu dans cette zone une ligne tectonique séparant aile Nord et aile Sud de la zone orogénique, comparable à la « Ligne Tonale », ligne séparatrice entre Alpes méridionales et Alpes septentrionales. D'après des recherches plus récentes, la zone nord-anatolienne est une bande de terrain plus ou moins étroite, affectée par de nombreux accidents tectoniques

comme failles, fossés, bassins d'effondrement, etc. Le fait que le tracé de cette zone suit sensiblement, non seulement le parcours des axes des plis nords-anatoliens, mais aussi l'allure de la ligne côtière de la mer Noire tracée également par des événements tectoniques, prouve l'existence de relations étroites entre les forces ayant créé notre zone sismique et celles qui sont à l'origine du bâti tectonique général de l'Anatolie septentrionale, relations, dont la nature exacte reste encore à déterminer. Malgré leur caractère tout à fait cratogénique, les accidents tectoniques constituant actuellement la zone nord-anatolienne se superposent évidemment à des mouvements orogéniques plus anciens [3-5 ; 17, 18, 19, 23].

2) *Zone sismique de l'Égée et de la Marmara*. Cette zone doit son existence évidemment à l'effondrement des bassins de l'Égée et de la Marmara survenu vers la fin du Néogène [7, 20]. Des dislocations radiales, partant de ces deux bassins et pénétrant loin dans l'aire continentale anatolienne, s'entrecroisent, dans le secteur côtier, avec d'autres lignes parallèles à la côte égéenne, formant ainsi un véritable réseau de failles et de fossés qui recouvre l'W et le NW de l'Anatolie.

3) *Prolongement N du Fossé syrien*. C'est une zone tectonique très connue divisée, en territoire turc, en quelques branches qui se perdent dans la région de Maraş [8, 25, 24].

4) *Zone sismique de Muş-Van*. Cette zone encore peu connue du point de vue tectonique comprend des grandes dislocations et des bassins d'effondrement. Elle est peut-être le prolongement du Fossé syrien.

Zones de deuxième rang. — Comme le montre la carte annexée, les zones sismiques de deuxième rang sont liées également à des systèmes de dislocations. Les plus importantes de ces zones sont ; Kirşehir, Akdag — Peyk, Afyonkarahisar — Ilgin, Kayseri — Nigde, Adana et Urfa.

RELATIONS ENTRE SÉISMICITÉ ET TECTONIQUE.

Dans une belle étude, J. P. Rothé [21 et 22] a montré que l'activité sismique des Alpes occidentales est liée aux structures orogéniques ; les épicentres de ce secteur jalonnet (pour la plupart) les zones de racines des nappes ouest-alpines. Il est permis d'ajouter que, dans les Alpes orientales, la zone de racines des nappes nord-alpines montre également une activité sismique assez prononcée (Autriche méridionale, Italie NE, Yougoslavie NW).

Quant à la Turquie, nos connaissances de la tectonique oro-

génique du pays montrent encore des lacunes assez considérables. On a constaté, par exemple, dans le Toros occidental (région s'étendant entre Konya et le golfe d'Antalya), l'existence de nappes charriées, mais les racines de ces nappes sont encore

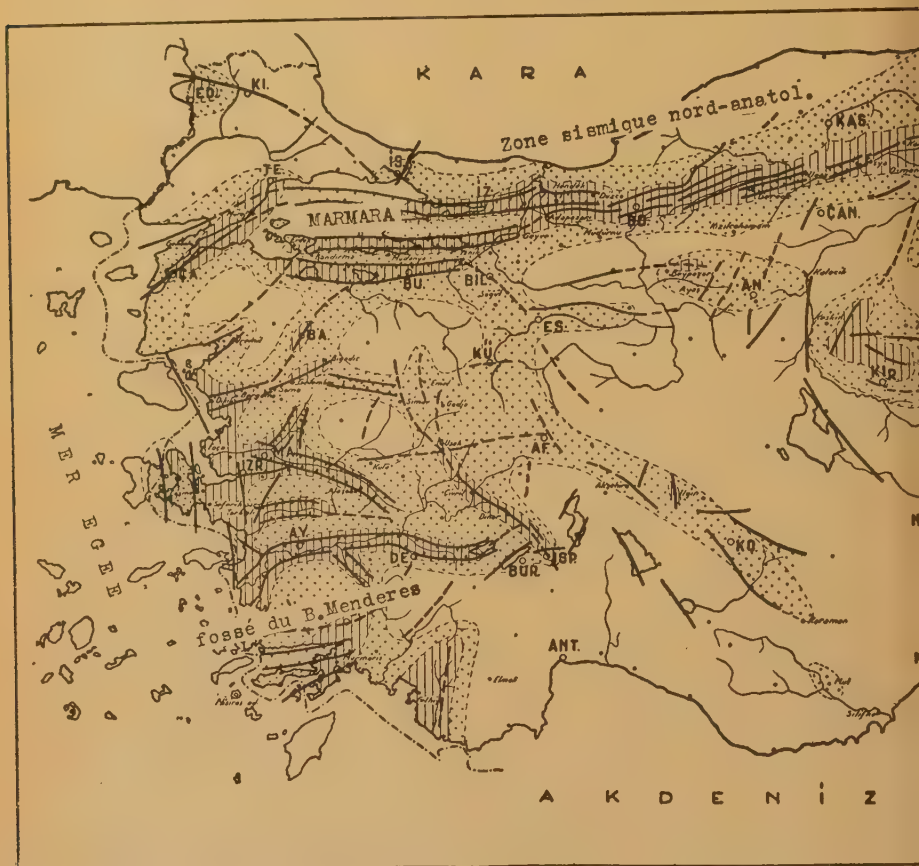


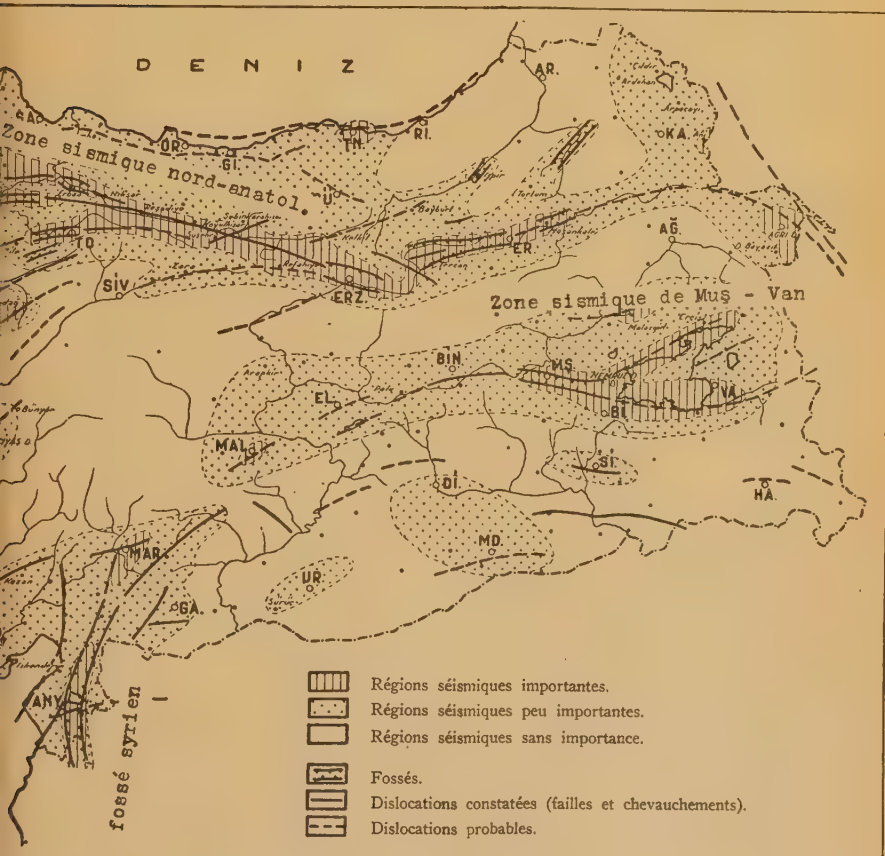
FIG. 1. — Carte sismique de la Turquie

Villes citées dans le texte : AD : Adana ; AF : Afyonkarahisar ; AN : Ankara ; ANT :
KIR : Kırşehir ; KO : Konya ; MAR : Maraş ; ME :

inconnues [6]. Nous ne savons rien sur l'existence de charriages de grand style dans les plis de l'Anatolie septentrionale et même là où l'existence de nappes semble évidente (région située au NE d'Erzurum, par exemple) [12] les détails sont encore à éclaircir.

Mais les faits établis jusqu'à présent nous montrent déjà que les zones sismiques du pays ne sont nullement en rapport avec les

structures tectoniques orogéniques connues. On trouve des épicentres dans les unités orogéniques diverses aussi bien que dans les massifs intermédiaires s'étendant entre les deux tronçons du bâti alpin. Par contre, les dislocations cratogéniques montrent



par N. Egeran et E. Lahn : 1944.

DE : Denizli ; ER : Erzurum ; ERZ : Erzincan ; IZR : Izmir (Smyrne) ; KAY : Kayseri ;
S : Muş ; NIG : Niğde ; UR : Urfa ; VA : Van.

des relations étroites avec les phénomènes sismiques du pays. Comme le montre la carte sismique annexée, c'est le long de certaines dislocations ou dans certains systèmes de dislocations que se trouvent placés les épicentres.

Outre ce rapport tout à fait net avec les lignes cratogéniques, un seul fait pourrait indiquer l'existence de relations entre séis-

micité et structure orogéniques. Les épicentres sont répartis dans des zones de failles ; mais les épicentres les plus importants se trouvent au voisinage des massifs anciens compris dans les plis alpins. On peut constater cela, par exemple, dans le cas des épicentres de la ligne nord-anatolienne. Or, les massifs anciens sont fréquents en Anatolie et le voisinage signalé ci-dessus pourrait être dû au pur hasard. Mais il se peut aussi que des relations existent entre le dispositif de ces massifs anciens et la répartition des épicentres, que la tension provoquant les secousses sismiques soit augmentée par la présence de massifs rigides et que les mouvements soient déclenchés, bien entendu le long d'accidents cratogéniques, mais « en face » de massifs anciens.

Les systèmes de dislocations cratogéniques affectant le sol de l'Anatolie englobent souvent des failles d'âge différent. Par exemple, dans le fossé tectonique du Büyük Menderes (au SE d'Izmir), théâtre de catastrophes sismiques depuis l'antiquité, existent des failles traversant le Miocène supérieur ou séparant ce dernier du Quaternaire ancien, à côté des dislocations marginales du fossé datant du Miocène inférieur ou, peut-être, du Pré-Miocène¹.

Au cours d'un tremblement de terre survenu, vers la fin de l'année 1943, dans la partie E de ce fossé (secteur de Denizli Sarayköy), les secousses les plus fortes et les dégâts les plus graves ont été observés sur les failles jeunes. Des lieux d'habitation situés directement sur les failles marginales de ce fossé, par contre, n'ont guère ressenti ce tremblement de terre. La répartition des secousses sismiques et de leurs conséquences était, semble-t-il, la même lors de la catastrophe de 1899. Une constatation semblable a été faite, par l'auteur de la présente note avec le Prof. H. N. Pamir, dans la région de Van (Turquie orientale). Cette zone de dépressions est limitée, au S, par un système d'importantes failles longeant le bord du massif de Bitlis ; d'autres failles limitent les dépressions radiales partant du rivage E du lac de Van. Toutes ces dislocations n'ont guère bougé pendant une série de secousses sismiques observées, dans cette région, entre juillet et décembre 1943. Par contre, les mouvements les plus forts ont été enregistrés dans les villages situés au voisinage de failles secondaires et plus jeunes que les lignes

1. La plupart des bassins « jeunes » de l'Anatolie sont remplis de dépôts d'eau douces néogènes renfermant, comme fossiles, des espèces de Mollusques vivant encore aujourd'hui dans les mêmes parages, rendant ainsi difficile la classification stratigraphique de ces dépôts, ainsi que la détermination de l'âge des accidents tectoniques affectant ces terrains.

mentionnées ci-dessus [14]. Pendant le tremblement de terre d'Adana-Ceyhan survenu la même année, c'étaient également des failles d'ordre secondaire entourant des petits « horsts » qui ont joué et non les dislocations marginales du bassin d'Adana.

Les observations faites à l'occasion de ces trois tremblements de terre montrent que les épicentres ne jalonnent nullement les dislocations les plus importantes d'un système de failles, mais plutôt les accidents tectoniques les plus récents.

Dans un système de dislocations (comme dans un fossé tectonique, par exemple), ces accidents récents sont moins étendus, mais plus fréquents que les grandes dislocations (failles marginales, etc.). Par la répartition des centres sismiques le long de petites failles jeunes s'explique la présence d'un grand nombre d'épicentres locaux dans chaque système de dislocations : des tremblements de relais sont fréquents et des répliques se continuent pendant longtemps. Pendant le tremblement de terre du Büyük Menderes en 1945, on a constaté une différence de 12 minutes entre la secousse destructive à Sarayköy et la secousse la plus forte à Denizli situé à une distance de 20 km. Il s'agissait donc de secousses partant de deux épicentres différents situés dans une zone relativement peu étendue. Les répliques ont continué, dans ce secteur, pendant 14 mois. Dans le cas du tremblement de terre de Van cité ci-dessus, chaque secousse importante était sensiblement originaire d'un épicentre différent et les répliques ont continué pendant 6 mois.

Des observations faites en Anatolie NE pendant la catastrophe d'Erzincan (1939) semblent indiquer également l'existence d'un nombre d'épicentres indépendants ébranlés par une secousse initiale [19].

On peut donc dire non seulement que la répartition des épicentres turcs est en relation étroite avec les structures cratogéniques du pays, mais aussi que l'activité sismique est concentrée surtout le long des lignes tectoniques les plus jeunes comprises dans un système de dislocations.

Comparaison entre l'Anatolie et les Alpes. — Une grande différence tectonique (en ce qui concerne la répartition des accidents cratogéniques) entre l'Anatolie et les Alpes est évidente pour tout géologue connaissant ces deux secteurs du système orogénique alpin. La Turquie est un pays extrêmement riche en dislocations cratogéniques importantes. Un réseau d'accidents cratogéniques, analogue à celui développé en Turquie n'existe guère dans les Alpes (à l'exception peut-être de secteurs d'une

extension limitée, comme celui du bassin de Vienne et le bord E du bassin hongrois). Des bassins d'effondrement jeunes entourent l'aire continentale anatolienne : le bassin de l'Égée avec la Marmara n'a reçu sa configuration actuelle qu'à la fin du Néogène seulement [7, 2, 20] ; l'établissement des conditions géographiques récentes dans la partie NE de la Méditerranée n'est guère plus ancien. Les contours de la Mer Noire datent également d'une époque assez récente [1].

Dans le Toros occidental (secteur situé au NW de Mersin), les dépôts miocènes marins montent, de la Méditerranée vers l'intérieur du pays, du niveau actuel de la mer jusqu'à une altitude d'au moins 2.500 m, à la suite d'un grand bombement post-miocène [9]. Dans le bassin de Konya, une faille d'un rejet vertical d'au moins 400 m sépare le Néogène supérieur du Quaternaire [15]. Dans la vallée du Kelkit Çayı (Anatolie NE), le déplacement vertical observé dans les terrains oligocènes est d'environ 800 m et une dislocation d'un rejet de plus de 1.000 m traverse les terrains oligo-miocènes du fossé d'Oltu (au NE d'Erzurum) [12]. Des terrasses post-miocènes ont été morcelées et inclinées dans la même région. Dans le secteur NE des plis nord-anatoliens, le relief actuel est si peu évolué et tellement « cru », la destruction d'anciens cours d'eau et la formation du réseau hydrologique actuel (par des captages successifs) si jeunes, qu'il faut nécessairement supposer un soulèvement en bloc de toute cette contrée, survenu en un temps assez récent [12]. Les pénéplaines post-miocènes de la vallée du Büyük Menderes (Anatolie SW) ont été déchirées par des mouvements verticaux et les terrasses du bassin de Beyşehir (à l'W de Konya) taillées dans le Néogène supérieur ont subi le même sort [14].

Ces quelques exemples, que l'on pourrait multiplier, démontrent l'importance des mouvements cratogéniques « jeunes » dans la tectonique de la Turquie.

CONCLUSIONS.

Bien que nos connaissances sur la géologie et de la sismicité de la Turquie soient encore incomplètes (parce que l'étude systématique du pays n'est encore qu'à ses débuts), on peut déjà dire que l'activité sismique du pays est liée surtout aux structures cratogéniques. Des épicentres reconnus jusqu'à présent (classés suivant quatre zones de premier ordre et plusieurs zones d'importance secondaire) jalonnent des failles et des fossés d'effondrement issus de mouvements jeunes et verticaux. Les lignes

orogéniques, par contre, ne jouent aucun rôle dans la séismicité du pays.

Il est permis de considérer les mouvements orogéniques et cratogéniques d'une région comme étant créés par les mêmes forces. Dans une aire non encore consolidée (phase orogénique), ces forces ont produit des mouvements tangentiels (horizontaux) ; par contre, dans un secteur déjà consolidé par les incidents orogéniques et se trouvant dans la phase cratogénique, le jeu des mêmes forces s'exprime par des mouvements verticaux.

L'existence de relations étroites entre mouvements orogéniques et cratogéniques d'une région est nette en Turquie : dans les plis de l'Anatolie septentrionale aussi bien que dans ceux de la partie méridionale du pays, les axes longitudinaux des bassins d'effondrement jeunes (et, avec eux beaucoup de fractures importantes) suivent strictement les axes des plis alpins. Même dans les aires intermédiaires, on peut observer des accidents cratogéniques orientés suivant des structures orogéniques voisines. C'est par conséquent aux mêmes forces que doivent être attribués les mouvements orogéniques, mouvements cratogéniques et secousses sismiques. Seulement la manière par laquelle s'expriment ces phénomènes varie selon les conditions tectoniques d'une région. Les secousses sismiques sont toujours déclenchées le long de lignes de moindre résistance. Dans un secteur où (comme en Turquie) de nombreux accidents cratogéniques se superposent aux structures orogéniques, les lignes cratogéniques sont des lignes de moindre résistance et ce sont elles qui sont jalonnées par les épïcêtres. Si des cassures cratogéniques font défaut dans une région, l'activité sismique se concentre sur les structures orogéniques comme foyers de moindre résistance.

Le nombre d'accidents orogéniques (fronts de charriage, zones de racines) d'une contrée est forcément réduit, mais chaque accident peut avoir une extension longitudinale considérable. Les épïcêtres d'une région dominée par des lignes orogéniques sont répartis, par conséquent, dans des bandes de terrain plus ou moins étroites et les espaces situés entre ces bandes restent plus ou moins asismiques.

Par contre, le nombre d'accidents cratogéniques d'une contrée peut augmenter jusqu'à l'infini. Dans une région où des structures tectoniques sont déterminées par des mouvements cratogéniques, des foyers sismiques peuvent être dispersés partout. C'est ainsi qu'on peut expliquer la différence sismique constatée entre le type représenté par les Alpes occidentales (par exemple) et le type observé en Turquie.

BIBLIOGRAPHIE

1. ANDRUSOV (N.). — La Mer Noire. VII. *Congr. Géol. Int.*, Guides XXIX. Saint-Petersbourg, 1897.
2. ARABU (N.). — Problèmes géologiques du bassin de la Marmara. *Acad. Soc. Linn.*, Lyon, 1928.
3. BLUMENTHAL (M.). — Zur Geologie der Landstrecken der nordanatolischen Erdbeben von 1942. *M. T. A. Mecm.*, 1/29, Ankara, 1943.
4. — La ligne sismique de Lâdik, Vil. de Samsun. *Ibid.*, 1/33, Ankara, 1945.
5. — Die Kelkit-Dislokation südl. Niksar und ihre tektonische Rolle. *Ibid.*, 2/34, Ankara, 1945.
6. — Schichtfolge und Bau der Taurusketten im Hinterland von Bozkir. *Istanb. Univ. Fen Fak. Mecm.*, IX, B, 2, Istanbul, 1945.
7. DESIO (A.). — Le isole italiane dell' Egeo. *Mem. descr. carta geol. ital.*, XXIV, Roma, 1931.
8. DUBERTRET (L.). — Carte géol. au 1/1.000.000^e de la Syrie et du Liban. Notes explicatives. Beyrouth, 1941.
9. EGERAN (N.). — Tectonique de la Turquie. Nancy, 1947.
10. EGERAN (N.) et LAHN (E.). — Note sur la carte sismique de la Turquie au 1/2, 4 Mill. *M. T. A. Mecm.*, 2/34, Ankara, 1944.
11. — Türkiye Jeolojisi. Ankara, 1948.
12. LAHN (E.). — Les structures géologiques de la région d'Erzurum. *M. T. A. Mecm.*, 2/19, Ankara, 1940.
13. — Contribution à l'étude géomorphologique des lacs du Toros occidental. *Ibid.*, 2/34, Ankara, 1945.
14. — Note sur les tremblements de terre dans la région de Van, 1942. *Ibid.*, 1/35, Ankara, 1946.
15. — Les dépôts pliocènes et quaternaires de la région de Konya-Burdur. *Istanb. Univ. Fen Fak. Mecm.*, XI, B, 2, Istanbul, 1946.
16. — Türkiye Yerdepemleri ile Tektonik arasindaki Münasebetler hakkında. Türk Coğr. Dergisi. Ankara, 1947.
17. NOWAK (J.). — Die wichtigsten Ergebnisse meiner Reisen in Anatolien. *Ztschr. deutsche geol. Ges.* 80. Berlin, 1928.
18. PAMIR (H.-N.). — Une ligne séismogène en Anatolie septentrionale. *Istanb. Univ. Fen Fak. Mecm.*, A, IX, 3, Istanbul, 1944.
19. PARÉJAS (E.), AKYOL (I. H.) et ALTINLI (E.). — Tremblement de terre d'Erzincan du 27. 12. 1939, secteur occidental. *Ibid.*, B, VI, 3/4, Istanbul, 1941.
20. PINAR (N.). — Géologie et météorologie sismique du bassin de Marmara. *Ibid.*, A, VII, 3/4, Istanbul, 1943.
21. ROTHÉ (J.-P.). — La séismicité des Alpes occidentales. — Les séismes des Alpes françaises en 1938. *Ann. Inst. Phys. du Globe*, III. Strasbourg-Clermont-Ferrand, 1941 (1938).
22. — La séismicité des Alpes occidentales. *B. S. G. F.*, (5), XII, p. 295, Paris, 1942.
23. SALOMON-CALVI (W.). — Die Fortsetzung der Tonaelinie nach Anatolien. *Y. Ziraat Enst. Negr.*, 7, Ankara, 1937.
24. — Untersuchungen über Erdbeben in der Türkei. *M. T. A. Y.*, B, 5, Ankara, 1940.
25. STCHEPINSKY (V.). — Géologie de la région de Maraş-Gaziantep. *M. T. A. Mecm.*, 1/29, Ankara, 1943.
26. Turquie, Carte géologique au 1/800.000^e. *M. T. A.*, Ankara, 1941-1945.
27. Turquie, Carte tectonique au 1/800.000^e. *M. T. A.*, Ankara, 1945.

OBSERVATIONS SUR LA RIDE TRIASIQUE DE BÉLUS (LANDES)

PAR **J. Dupouy-Camet**¹.

INTRODUCTION².

La ride de Bélus (Landes) fut découverte et décrite récemment par J. J. Burger et J. Cuvillier [1] à 2 km environ au S du dôme crétacé de Saint-Lon-les-Mines, dans la zone synclinale qui s'étend entre l'accident triasique de Tercis-Saint-Pandelon-Bénesse-lès-Dax au N et le bombement à noyau triasique connu sous le nom « d'anticlinal de Peyrehorade » au S [3]. La feuille d'Orthez au 1/80.000^e figure l'ensemble des terrains du Crétacé et de l'Éocène qui constituent cette ride en Bartonien (e 2-4), étage dont les affleurements ont été considérablement restreints [2], après étude de la microfaune, en sables du Mio-Pliocène (m 4-3) et en alluvions.

La ride de Bélus s'étend de Cagnotte à l'Adour sur 14 km de long, orientée à peu près parallèlement à la ride de Rivière-Tercis, N 80° W-S 86° E. Elle disparaît à l'E sous le bassin mio-pliocène de Habas et à l'W sous le remplissage miocène de la fosse de Saubrigues. La largeur maxima de la ride est de 1 km 250, entre le Lutétien moyen à supérieur du flanc N, formant un compartiment effondré entre le dôme de Saint-Lon et la ride de Bélus, et le Stampien transgressif sur le Lutétien inférieur du flanc S. Un affleurement de marne à Rosalines, attribué au Crétacé supérieur, avait été découvert et décrit dans le ruisseau de Villenave, 300 m au SE de Bélus [1], entouré par les marnes à Globigérines et *Globovalia* du Lutétien inférieur constituant la « ride anticlinale » et s'étendant sur toute sa longueur.

Une campagne de petits forages géologiques exécutés par la Société Nationale des Pétroles d'Aquitaine, au début de 1947, suivant un profil transversal NS, passant par le château de Villenave à 400 m à l'E du clocher de Bélus et suivant une coupe

1. Note présentée à la séance du 10 novembre 1947.

2. Nous adressons nos bien vifs remerciements à J. CUVILLIER sous le contrôle scientifique de qui fut effectuée cette étude. Les déterminations spécifiques de microfaune ont été acquises avec la collaboration de V. SZAKALL.

axiale EW passant par les affleurements de Crétacé supérieur, a montré la présence d'une lame triasique intrusive au cœur de la ride de Bélus et apporté des renseignements stratigraphiques et tectoniques nouveaux sur cette structure.

STRATIGRAPHIE.

a) *Trias*. — Le Trias fut traversé par le forage B, sous 10 m 80 d'alluvions du Mio-Pliocène, jusque vers 50 m, légèrement à l'E du château de Villenave, en bordure du chemin allant à la ferme de Moncocut. Argile bigarrée typique, blanc verdâtre, bleuâtre, marron chocolat, violacée, avec, vers 20 m, un rognon de roche éruptive verdâtre très altérée, probablement de l'ophite. Dans le résidu de lavage, très nombreux cristaux de quartz bipyramidés incolores ou rosés, parfois en agrégats maclés ; petits dodécaèdres pentagonaux b2 de pyrite ; magnétite avec parfois trace des faces a1 de l'octaèdre ; gypse extrêmement abondant. De 39 m à 50 m, brèche tectonique triasique avec rognons de gypse cristallin et argile.

b) *Crétacé supérieur*. — J. J. Burger et J. Cuvillier avaient signalé, près de la source du ruisseau de Villenave, un affleurement de marne grise à microfaune très abondante, *Globotruncana arca* CUSH., *G. linnei* D'ORB., *G. conica* WHITE., *G. stuarti* J. DE LAP., *Gümbelina elegans* RZEHA., *G. globifera* REUSS., *G. striata* EHR., *Marssonella oxycona* REUSS... Ostracodes, Spicules, prismes d'Inocérames ; affleurement que l'on peut rapporter au Sénonien supérieur et même, semble-t-il, au Maëstrichtien. Nous avons retrouvé ce Maëstrichtien le long du chemin de Villenave à Moncocut, 100 m environ au S de Villenave, à l'entrée d'une vigne : marnes à Rosalines et Gümbelines avec *Ventilabrella eggeri* CUSH., *Pseudotextularia varians* RZEHA., nombreuses Globigérines et calcaire marneux à Rosalines. Un ruisseau (sans nom) présente, 100 m à l'W de Villenave, près de sa source, quelques blocs (non en place) de calcaire marneux à Rosalines et Gümbelines. Le Maëstrichtien fut, en outre, traversé par le forage C au S du Trias de 14 m à 43 m sous l'Éocène inférieur : marne grise à Rosalines, Gümbelines, *Pseudotextularia*, *Ventilabrella* (mêmes espèces que plus haut), avec passées rougeâtres et vers 20 m plusieurs petits graviers remaniés de calcaire blanc cristallin à Praealvéolines, Orbitolines et Miliolles, faciès classique du Cénomanién.

Sur le flanc N de la lame triasique, le Crétacé du forage E

montra, de 25 m à 34 m, une marne grise à nombreux quartz détritiques, Spicules, *Globotruncana linnei*, G. aff. *marginata* REUSS,



LEGENDE

Trias	
Crétacé supérieur { Campanien	
Maëstrichtien	
Eocène Inférieur	
Lutétien Inférieur	
Lutétien Moyen à Supérieur	
Stampien	
Sables Fauves, Mio-Pliocène	

FIG. 1. — Carte des affleurements de la région de Bèlus
(d'après J. J. Burger et J. Cu villier)
avec emplacement des forages. Échelle : 1/20.000. *

G. aff. *cretacea* CUSHM., rares Gümbelines, *Gaudryina laevigata* FRANKE, *Bulimina barbata* CUSHM.,..., et des intercalations de
31 août 1948. Bull. Soc. Géol. Fr. (5), XVII. — 33

calcaire à Spicules et de calcaire graveleux à texture microconglomératique avec quelques Rosalines. Ce Sénonien est vraisemblablement moins élevé que celui de la lame au S du Trias et correspond peut-être à du Campanien (?).

Environ 600 m à l'E de cette zone sénonienne, le forage I, à 100 m au S de la ferme Frontière, rencontra sous 50 m d'Éocène inférieur, des marnes grises à *Globotruncana linnei*, *G. arca*, *G. stuarti*, *G. canaliculata*, rares *Gümbelina*, *Verneuilina bronni* REUSS, *Clavulinoides trilatera* CUSHM., montrant le prolongement oriental de la lame de Sénonien supérieur.

c) *Éocène inférieur*. — L'Éocène inférieur affleure le long du CVO n° 2 en face Cassoua (ancienne marnière) où une tranchée nous a donné des marnes grises à *Globigerina bulloides* d'ORB., *G. eocenica* TERQ., *Globorotalia aragonensis* NUTT., *G. debriouensis* PLUM., très abondants, *Pseudoglandulina*, *Gyroidina florealis* WHITE. La microfaune renferme en outre à l'état remanié [4] *Globotruncana arca*, *Gümbelina globifera*, *Buliminella carseyi* WHITE. Cette association de faune est tout à fait celle des marnes de l'Éocène inférieur de la région d'Urcuit, Guiche, OEyregave, Salies-de-Béarn. De même, près des sources du ruisseau de Hayet, 300 m S de Betheder, un affleurement de marne gris bleu nous a montré une microfaune à peu près semblable avec Spicules, débris d'Algues et d'Échinides et nombreux éléments du Sénonien remaniés, *Globotruncana arca*, *G. conica*, *Gümbelina globifera*, *Ventilabrella eggeri*, *Gaudryina laevigata*.

Cet Éocène inférieur fut également traversé par forage en C sous forme de marne grise à *Clavulinoides*, *Globigerina bulloides*, *G. eocenica*, *Globorotalia aragonensis*, *G. crassaformis* CUSHM., reposant sur les marnes du Maëstrichtien. En A, le long de la route de Bélus à Cagnotte, même faune avec, à 39 m, deux individus de *Globotruncana linnei*. En G, même faune avec, vers 30 m, plusieurs *Gümbelina globifera* remaniées. En H, calcaire marneux à *Globigérines* et *Globorotalia*. En I, marne grise avec quelques intercalations de calcaire blanc.

Cet Éocène inférieur n'a jamais montré d'intercalations sableuses ou gréseuses comme on en rencontre fréquemment plus au S. Peut-être repose-t-il transgressivement sur le Sénonien qu'il remanie du reste fréquemment?

d) *Lutétien inférieur*. — Le Lutétien inférieur est formé de marnes grises, tout comme l'Éocène inférieur et le Sénonien, et seule la microfaune permet la distinction de ces différents étages bloqués jadis dans le Bartonien. La microfaune est éga-

lement à base de Globigérines et de *Globorotalia* mais plus riche et plus variée, avec *Textularia aragonensis* NUTT., *T. mexicana* CUSHM., *Clavulinoides szaboi* HANTKEN., nombreux Lagénidés (dont *Robulus cuvillieri* TEX.), *Globorotalia velascoensis* CUSHM., *Cibicides dutemplei* D'ORB., *Cibicides pseudouwellerstorfi* COLE, débris d'Échinides, de Lamellibranches, petits Gastropodes pyritisés, Spicules, Ostracodes, concrétions pyriteuses et même, en F, nombreux cristaux de pyrite avec faces du cube et de l'octaèdre. Certains niveaux présentent bien des affinités avec les couches de la tuilerie de Donzacq, dans la Chalosse de Montfort. Ce Lutétien inférieur, traversé par forage en D, E, F et J est le terrain constitutif de la ride de Bélus sur toute sa longueur. Il renferme rarement *Globotruncana* remanié.

e) *Lutétien moyen à supérieur*. — Il a été signalé à l'affleurement par J. J. Burger et J. Cuvillier dans les ruisseaux de Grésyl et de Beyris au N de Bélus. Dans le ruisseau du Grésyl, le Lutétien inférieur, qui affleure à 200 m à l'E de Grésyl, et fut traversé par forage en F, est en contact par faille avec le Lutétien moyen à supérieur, formé de marne, de sable, de lignite, de grès grossier, de conglomérat, avec faune abondante, Nummulites, Discocyclines, Assilines, Alvéolines, et Orbitolites. La microfaune est généralement roulée, brisée, traduisant une sédimentation littorale analogue à celle que J. Cuvillier et nous-mêmes avons déjà décrite à Saint-Martin-de-Hinx [3]. Au confluent des deux ruisseaux, à 200 m ENÉ Grésyl, une marne gris bleu à *Assilina exponens* Sow. et *Alveolina elongata* D'ORB. nous a montré, après lavage, *Rotalia viennoti* GREIG., *Rotalia armata* D'ORB. des petites Nummulites, *Orbitolites complanatus* LMK. (prodigieusement abondant) des Mélobésiées, des Bryozoaires, des Polypiers (dont *Fabiania* sp.), des petits Gastropodes, et débris de Lamellibranches. Dans le ruisseau de Beyris, le Lutétien inférieur marneux à *Globigerina* et *Globorotalia* est également en contact par faille avec le Lutétien moyen à supérieur formé de marne, de calcaire gréseux, de sable. Cette marne renferme de gros rognons de calcaire détritique à Nummulites et *Alveolina elongata*, et des rognons plus petits d'un calcaire marneux blanc à Globigérines que nous rapportons au Danien ou au Paléocène.

f) *Stampien*. — Pas d'observations nouvelles sur le Stampien, transgressif sur le Lutétien inférieur du flanc S de la ride de Bélus.

g) *Sables fauves mio-pliocène*. — Épaisseur de 20 à 30 m de graviers à gros éléments pyrénéens, puis de sables rougeâtres ou

jaunâtres avec petits gravillons, enfin, à la base, assise de 2 à 3 m de sables verts très glauconieux parfois consolidés en grès. Ces alluvions fluviales, généralement azoïques, renferment parfois des Foraminifères remaniés à partir des séries sous-jacentes, surtout des Rosalines. Les lavages montrent souvent de très nombreux quartz bipyramidés ou des cristaux de magnétite d'origine triasique certaine, traduisant un lessivage du Trias.

TECTONIQUE.

Les six petits forages, effectués suivant un profil NS passant par Villenave, permettent de tracer une coupe structurale transversale de la ride de Bélus. Une injection triasique très étroite redresse, sur son flanc S, un paquet de Maëstrichtien, supportant de l'Éocène inférieur et du Lutétien inférieur, sur lequel le Stampien de Saint-Étienne-d'Orthe vient transgressivement. Sur le flanc N, un copeau déraciné de Campanien (ou du moins de Sénonien supérieur moins élevé que celui du flanc S) surmonte le Lutétien inférieur d'un compartiment effondré, au contact même du Trias. Plus au N, l'Éocène inférieur est surmonté par le Lutétien inférieur qui vient buter par faille contre le Lutétien supérieur, formant lui-même un compartiment cassé et effondré dans la zone synclinale séparant Saint-Lon de Bélus.

Les pendages mesurés sont assez forts, sur le flanc S, 40 à 50° dans le Sénonien, 35 à 50° dans l'Éocène; sur le flanc N, 45 à 50° dans le Sénonien, 60 à 70° dans le Lutétien inférieur. Le Lutétien inférieur traversé en F présente des pendages de 50 à 55°. Quant au Lutétien supérieur de la zone effondrée entre Saint-Lon et Bélus, les pendages y varient entre l'horizontal et le subvertical. La tectonique de cette région est donc fort accentuée.

Les affleurements de Crétacé supérieur de Bélus doivent être rapportés à une injection triasique fort étroite accidentant le fond du synclinal du Bassecq et redressant sur ses flancs des écaillés de Sénonien et l'Éocène. Nous ne pouvons affirmer le caractère normal ou anormal du contact Sénonien-Éocène inférieur, le Danien étant inconnu dans cette zone et l'Éocène inférieur pouvant fort bien être transgressif sur le Sénonien.

Sur le prolongement éventuel immédiat de l'intrusion triasique à l'E et à l'W de Bélus, nous ne savons rien, les forages G, H et I de la coupe axiale ayant trouvé l'Éocène inférieur immédiatement sous les Sables fauves. Toutefois, la forme générale de la ride, avec le Lutétien inférieur s'étendant sur 14 km de long

et 1 km 250 de large et les pendages aberrants traduisant de nombreuses fractures [1], prouvent, à notre avis, le caractère triasique de l'ensemble de la structure. En outre, l'extension vers l'E des copeaux de Sénonien supérieur est signalée par le forage I. Nous considérons donc la ride de Bélus comme une cassure

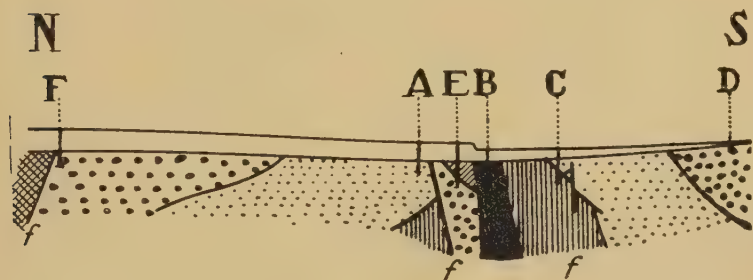


FIG. 2. — Coupe structurale interprétative NS à travers la structure triasique de Bélus. Échelle : 1/10.000°.

injectée de Trias, du même style que celles de Tercis, Castagnède, Salies-de Béarn, Saint-Martin-de-Hinx, Briscous ; le Trias redressant un paquet de Sénonien venant à la surface à Villenave.

SÉDIMENTATION ET OROGÉNÈSE.

Le Sénonien de Bélus, formé de marnes à Rosalines et micro-faune, rappelle beaucoup plus les faciès flysch de la zone de subsidence au S, que les faciès calcaires à *Lagenas* de la plate-forme épicontinentale (et en particulier le faciès aturien de Tercis) au N. Toutefois aucune intercalation gréseuse n'a été observée. La région de Bélus devait être vraisemblablement, au Sénonien, à la limite des faciès flysch et calcaire. La marne traversée en C est tout à fait semblable aux marnes dites de « Bidart » qui recouvrent le flysch typique au S de l'Adour. Cette marne nous a montré quelques rognons remaniés de calcaire blanc à *Praealvéolines* et *Orbitolines*, faciès classique du Cénomanien de Tercis et d'Angoumé. Les remaniements se faisant rarement à grande distance en milieu marin, il semble logique d'admettre, en profondeur, l'existence de Cénomanien calcaire à faciès épicontinental. Rappelons que le dôme de Saint-Lon, 2 km environ N de Bélus, présente un cœur albien avec, sur les flancs, du Sénonien à faciès aturien probablement transgressif sur l'Albien, à la suite de mouvements tectoniques antécénomaniens ayant amené l'émer-

sion du dôme de Saint-Lon et formation de lignite actuellement exploité [1].

L'étage Danien est inconnu à Saint-Lon et à Bélus. Sur le flanc S de l'intrusion de Bélus, l'Éocène inférieur repose sur le Maëstrichtien et le remanie abondamment (Rosalines, Gümbe-lines, *Pseudotextularia*...) mais nous ne pouvons affirmer s'il y a simple transgression ou contact anormal. Ces remaniements prouvent, en tout cas que, dès l'Éocène inférieur, du Sénonien était émergé et mettent en évidence des mouvements datant du Danien ou de la base de l'Éocène. Ces mouvements, qui amènent souvent dans le Bas-Adour des niveaux de conglomérat au sommet du Danien et parfois une discordance avec l'Éocène inférieur, comme dans les accidents triasiques d'Urcuit et de Salies-de-Béarn, traduisent vraisemblablement une poussée triasique. L'Éocène inférieur et le Lutétien inférieur correspondent à des dépôts marneux monotones à Globigérines, assez profonds. Aucune intercalation détritique, sableuse ou gréseuse ne fut traversée dans l'Éocène de base. Le Lutétien moyen à supérieur correspond à une sédimentation toute différente, littorale et instable, avec bancs de conglomérat et remaniements. Dès le Lutétien moyen les mouvements tectoniques de la phase majeure pyrénéenne affectent la ride de Bélus. Le Bartonien [2], qui affleure dans les régions d'Orist-Siest et de Cagnotte, correspond à une sédimentation résiduelle, suivie de la transgression du Stampien détritique et sublittoral, transgressif notamment sur le flanc S de l'accident. Son plissement traduit des mouvements post-stampiens et vraisemblablement aquitaniens [6] constituant la phase majeure du diapirisme dans les Landes. Les Sables fauves viennent ensuite raviner les séries sous-jacentes dont ils remanient la microfaune (surtout les Rosalines) et les quartz bipyramidés du Trias.

Ainsi, la zone de Saint-Lon-Bélus a subi le contre-coup de quatre mouvements tectoniques : des mouvements antécénomaniens locaux, nettement visibles sur Saint-Lon et n'ayant peut-être pas affecté Bélus, une phase datée du Danien à l'Éocène inférieur, essentiellement diapirique, une phase lutétienne et une phase aquitanienne. Quant à la percée du Trias, il nous est impossible de la dater avec précision. Certaines carottes de l'Éocène inférieur et du Lutétien inférieur renferment quelques quartz bipyramidés nets, qui tendraient à prouver la percée triasique dès le Danien-Éocène inférieur mais le problème ne nous semble pas encore parfaitement clair. De toutes façons une importante poussée triasique se place à cette époque. Rappelons que, pour

l'ensemble des accidents triasiques du département des Landes, J. Schœffler et nous-mêmes avons conclu à une percée probablement aquitanienne. La phase aquitanienne a vraisemblablement déterminé, en outre, la succession de failles qui accidentent la zone synclinale séparant Saint-Lon de Béhus.

Ces observations nouvelles précisent donc la stratigraphie de l'accident de Béhus et décrivent du Trias, du Campanien, du Maëstrichtien, de l'Éocène inférieur, du Lutétien inférieur et du Lutétien moyen à supérieur, étages qui, le Trias mis à part, n'ont pu être différenciés et identifiés que par l'étude systématique de la microfaune. Leur intérêt est surtout de montrer l'existence d'un pointement triasique entre l'accident triasique de Tercis — Saint-Pandelon — Bénesse, au N, et la zone triasique complexe de Saint-Martin-de-Hinx-Biarrotte — Peyrehorade — Salies-de-Béarn, au S. L'hypothèse d'un noyau triasique profond, pour le dôme de Saint-Lon lui-même, est en outre fort séduisante et correspondrait au style tectonique général des structures anticlinales de l'Aquitaine occidentale.

BIBLIOGRAPHIE

1. J. J. BURGER et J. CUVILLIER. — Les pointements crétacés de Saint-Lon-les Mines et de Béhus (Landes). *B. S. G. F.*, (5), XVI, p. 323-330, 2 fig., 1946.
 2. J. CUVILLIER. — Le Bartonien de la feuille d'Orthez. *C. R. somm. S. G. F.*, 5 mars 1945.
 3. J. CUVILLIER et J. DUPOUY-CAMET. — Les Bancs de conglomérat dans le Lutétien supérieur du Bas-Adour et leur signification tectonique. *Ibid.*, 3 juin 1946.
 4. J. CUVILLIER et J. DUPOUY-CAMET. — Remaniements des Rosalines dans l'Éocène de l'Aquitaine Occidentale. *Ibid.*, 5 mai 1947.
 5. F. DAGUIN. — Rides et accidents anticlinaux de l'Aquitaine Occidentale. *Bull. serv. Carte Géol. Fr.*, n° 207, t. XLIII, 1941.
 6. J. DUPOUY-CAMET et J. SCHÖEFFLER. — Age du diapirisme dans les accidents triasiques du département des Landes. *C. R. somm. S. G. F.*, 3 février 1947.
-

QUELQUES NUMMULITIDÉS NOUVEAUX OU NON ENCORE SIGNALÉS DE L'ÉOCÈNE DE CUBA

PAR M^{me} de Cizancourt ¹.

PLANCHES XXIV ET XXV.

Ayant eu l'occasion, au début de 1939, de parcourir l'île de Cuba, j'y ai recueilli en plusieurs affleurements du Nummulitique, des faunes soit naturellement dégagées, soit obtenues par lavage, dont l'étude représenterait un travail important. Je me contenterai aujourd'hui de présenter quelques espèces nouvelles ou non encore signalées à Cuba : *Numm. (Numm.) Dorotheae* sp. nov. B, *Numm. (Numm.) Rutteni* sp. nov. A et B, *Numm. (Operculinoides) soldadensis* VAUGHAN et COLE, *Heterostegina cubana* sp. nov.

Ces gisements se situent, les uns près de San Diego de Los Baños, Province de Pinar del Rio, les autres près de Santa Isabela, Province de Santa Clara, et leur description sera donnée dans le chapitre consacré à l'Éocène. Ils m'avaient été signalés, par le regretté Prof. L. Rutten comme particulièrement intéressants, au cours d'une rencontre à la Havane. A la même occasion j'ai trouvé auprès de Mr. R. H. Palmer et de Mrs. Dorothy K. Palmer l'accueil le plus sympathique et les conseils les plus éclairés. Il m'est agréable, en nommant deux espèces nouvelles, de rendre hommage au souvenir des deux géologue ou paléontologiste, aujourd'hui disparus, qui ont tant fait progresser nos connaissances sur l'île de Cuba.

DESCRIPTION PALÉONTOLOGIQUE.

Nummulites (Nummulites) Dorotheae sp. nov.

Pl. XXIV, fig. 1-3, 5-7.

<i>Dimensions</i> : diamètre . . .	15	13	13	9	8
épaisseur . . .	2,6	2	2,35	1,9	1,7

Comme le montrent les chiffres ci-dessus, c'est une forme plate, d'assez grande dimension mais dont les plus petits exemplaires

1. Note présentée à la séance du 17 novembre 1947.

se distinguent mal de *Numm. Rutteni* avec laquelle on peut facilement la confondre. Les surfaces sont en effet presque identiques si elles ne sont pas très bien conservées et seule la coupe équatoriale permet de lever l'indétermination.

Le seul caractère superficiel distinguant ces deux espèces est que *Numm. Rutteni* possède des filets septaux plus irréguliers, un peu plus espacés, souvent des piliers saillants, tandis que *Numm. Dorotheae* a des filets généralement falciformes très recourbés, plus réguliers et pas de piliers saillants.

Un caractère particulièrement intéressant de l'ornementation superficielle de *Numm. (Numm.) Dorotheae* comme de celle de *Numm. (Numm.) Rutteni* est la présence d'un réseau à mailles rhomboïdales, plus particulièrement visible à partir de la moitié du rayon, dans la zone marginale : c'est une sorte de réticulation en forme de losanges, qui, en Europe, est déjà connue dans l'Éocène inférieur, chez *Numm. (Numm.) acquitanica* BENOIST, du bassin d'Aquitaine¹ et chez *Numm. (Numm.) laevigata* LMK. *Numm. Dorotheae* possède en outre un bouton central saillant, qui est inclus dans l'épaisseur mesurée, et un bord épais, de telle façon que l'espace annulaire compris entre le bouton et le bord est plat et parfois même concave près du bord.

Les piliers sont répartis sur toute la surface et sont de dimensions variées. Le plus souvent cependant ils apparaissent comme des épaississements des filets en certains points (pl. XXIV, fig. 5) et ceci est un caractère qui paraît constant dans les Nummulites de Cuba que j'ai examinées. Ce détail cependant n'apparaît que grâce à une préparation spéciale qui consiste à porter l'échantillon au rouge et à le refroidir brusquement.

L'aspect général de la coupe équatoriale est très caractéristique et, d'après celui-ci on peut admettre, au point de vue paléontologique, *Numm. Dorotheae* dans le groupe de *Numm. irregularis* de l'Éocène d'autres régions du monde, tandis que stratigraphiquement elle apparaît plus haut. En tenant compte de sa nature granulée on la définirait d'après Rozlozsnik comme « granuliert Doppelgänger » de *Numm. irregularis*.

Le détail de la coupe équatoriale est le suivant : l'embryon est microsphérique ; on note, dans un exemplaire de 9 mm, 7 tours de spire à pas lâche, une lame spirale mince dans les trois premiers tours, plus épaisse dans les suivants, à contours irréguliers. Les chambres sont très hautes, de dimensions très variables aussi bien en hauteur qu'en largeur. Le 7^e tour possède 36 chambres. Les cloisons sont

1. H. DOUVILLÉ. L'Éocène inférieur en Aquitaine et dans les Pyrénées, *Mém. Serv. Carte Géol. Fr.*, 1929, pl. V.

droites ou peu incurvées dans la moitié environ de leur hauteur, ensuite elles s'incurvent brusquement en arrière, formant un angle aigu avec la spire qu'elles n'atteignent qu'après un parcours assez long.

Numm. tamanensis, déjà connue en Amérique, est microsphérique et en diffère par l'absence de piliers; sa position stratigraphique est probablement un peu élevée.

La hauteur des chambres se traduit dans la coupe axiale de cette Nummulite, par l'écartement des tours de spire successifs. Les prolongements alaires sont d'une épaisseur moyenne et sur un exemplaire plus petit on voit bien un bouton central et les nombreux piliers traversant irrégulièrement la coquille.

Gisements : B. 665. Santa Isabel, Province de Santa Clara.

B. 666. *id.* *id.*

Cette espèce est dédiée à Mrs Dorothy K. Palmer.

Nummulites (Nummulites) Rutteni forme B. sp. nov.

Pl. XXIV, fig. 4, Pl. XXV, fig. 1, 6, 7, 12.

Dimensions : diamètre..... 9,3 7,5 9 9
épaisseur..... 2 1,8 2,3 1,8

Parmi la faune si abondante de Santa Isabel, constituée essentiellement de *Numm. Petri* RUTTEN A et B, j'ai remarqué quelques exemplaires plats et dont la coupe équatoriale est différente. Les Nummulites de Santa Isabel ont leur surface encroûtée par un sable argilo-calcaire, ce qui rend la distinction des espèces de forme analogue, d'après la surface seulement, très délicate, mais en partant de la coupe équatoriale j'ai pu séparer plusieurs espèces et parmi celles-ci le couple *Numm. Rutteni* A et B. sp. nov.

Comme je le signalais, c'est une Nummulite plate avec un bombement central et avec un bord épaissi par suite du développement de la corde marginale, qui, de ce fait, est à ranger dans le groupe des cordelées (voir [2] pour la définition de ce groupe).

Entre le bombement central et la corde marginale l'espace annulaire est concave et se relève progressivement vers le bord. L'ornementation de la surface est remarquable par les lignes septales écartées qui semblent se croiser en dessinant des losanges assez hauts et par les piliers qui sont répartis entre elles.

Les filets septaux sont sigmoïdaux, irréguliers et d'épaisseur variable. Ils portent également des piliers assez gros et souvent allongés. Ceux-ci sont groupés d'une façon plus dense au centre mais sont répartis sur toute la surface. Les filets forment un dessin rhomboïdal analogue à celui décrit précédemment chez *Numm. (Numm.) Dorotheae*.

Nous avons donc les trois caractères principaux de la surface

de cette Nummulite, qui sont : la forme, les piliers et le dessin en losange des filets.

La coupe équatoriale se distingue par sa lame spirale épaisse et de pas serré. Un échantillon de 9,3 mm de diamètre possède 12 tours de spire. Les tours centraux sont plus serrés et le tiers du rayon montre 6 tours. La lame spirale garde la même épaisseur à partir du cinquième tour.

Les chambres sont très basses au début et les cloisons sont fortement inclinées et incurvées sur tout leur parcours. Elles forment un angle très aigu avec la lame spirale. Avec l'augmentation du pas de la spire à partir de la moitié du rayon, la forme des chambres change : leur hauteur s'accroît, bien qu'elles restent cependant plus larges que hautes et toujours irrégulières. Les cloisons sont inclinées mais souvent moins incurvées que dans les deux premiers tours et par suite l'angle antéro-postérieur qu'elles forment avec la lame devient moins aigu. Dans les deux derniers tours les cloisons sont généralement droites. On note, dans le

1/4 du troisième tour, 5 chambres	1/4 du huitième tour, 5,5 chambres
— quatrième — 5 —	— neuvième — 6 —
— cinquième — 6 —	— dixième — 7 —
— sixième — 5 —	— onzième — 7,5 —
— septième — 6,5 —	— douzième — 9 —

La coupe axiale donne l'image de la forme générale, avec des tours serrés dans le bombement central et des prolongements alaires très minces. La corde marginale est épaisse au bord et les piliers sont irrégulièrement répartis.

Gisements : B. 665. Santa Isabel, Province de Santa Clara.

Nummulites (Nummulites) Rutteni forme A. sp. nov.

Pl. XXV, fig. 2, 3, 11.

La compagne macrosphérique de *Numm. Rutteni* est relativement très bombée, de 5 à 6 mm de diamètre, de caractères analogues à ceux de *Numm. Rutteni* B, en ce qui concerne la surface aussi bien que la coupe équatoriale.

La surface est ornée de filets septaux lâches, d'épaisseur variable, par suite de la présence de piliers allongés qui leur sont accolés. Leur trajet est sigmoïdal et les piliers sont répartis irrégulièrement sur toute la surface.

La coupe équatoriale est l'image inverse de la forme A, par suite de la dimension de son appareil embryonnaire. On voit les deux grandes loges centrales, puis 7 chambres dans le premier tour, plus hautes que larges, aux cloisons incurvées et inclinées et la même allure se maintient dans les trois premiers tours qui occupent la moitié du rayon. Ensuite le pas se réduit, la lame spirale s'épaissit et à partir du cinquième tour garde la même épaisseur jusqu'au bord. Un exemplaire

de 6 mm de diamètre possède 8 tours de spire. Les chambres sont alors plus larges que hautes, de taille variable, à cloisons inclinées et incurvées. L'angle antéro-postérieur est aigu.

Dans le 1/4 du 1^{er} tour on note 3 chambres,

—	2 ^e	—	5	—
—	3 ^e	—	6	—
—	4 ^e	—	7	—
—	5 ^e	—	5	—
—	6 ^e	—	6	—
—	7 ^e	—	5	—
—	8 ^e	—	6	—

La coupe axiale montre la forme bombée et la présence de piliers.

Gisements : B. 665. Santa Isabel, Province de Santa Clara.

Nummulites (Operculinoides) soldadensis VAUGHAN ET COLE.

Pl. XXV, fig. 8, 10, 13.

1941. *Operculinoides soldadensis* : T. W. Vaughan et W. Storrs Cole.
Preliminary report on the cretaceous and tertiary Larger Foraminifera of Trinidad, B. W. I. *Geol. Soc. Am. Spec. Pap.*, N° 30.

Dimensions : diamètre...	3,8	2,6	2,3	?	?	?	?
épaisseur...	0,75	0,65	0,7	0,85	0,9	1	
diam. bouton central..	0,29	0,29	0,4	0,38			

De la faune de Nummulites de San Diego de los Baños, j'ai extrait une quinzaine d'individus de petite dimension, avec un bouton central très marqué de couleur laiteuse, de contour exactement circulaire et de 0,20 à 0,40 mm de diamètre.

Autour du bouton central on voit le début des filets septaux, mais ceux-ci ne prennent pas naissance sur le bord même du bouton mais seulement à une certaine distance de celui-ci, qui paraît ainsi entouré d'une ceinture sans filets. Les filets septaux sont très serrés et l'espace qui les sépare s'élargit vers le bord. Leur trajet est d'abord presque droit dans le quart de leur longueur, puis ils s'incurvent en arc et gagnent la corde marginale sous un angle si aigu, qu'ils paraissent la suivre parallèlement à la fin de leur course. Parfois certaines lignes disparaissent vers le bord, mais sans doute ne sont-ce pas là de véritables cloisons. Les filets ont un trajet irrégulier et sont séparés par un espace tantôt plus étroit et tantôt plus large : ils sont épaissis par place et plus spécialement vers le bord. Sur tout leur parcours le dessin est comme tremblé et ils paraissent cassés dans le secteur de la coquille qui a le plus petit rayon. Le plus grand échantillon en possède 34. Tous ces détails ne sont bien visibles que sur des échantillons préparés et enduits de baume. Les exemplaires non préparés par contre montrent bien le bouton central et le début des filets mais vers le bord ils sont peu nets et ne se prêtent pas à l'observation.

A partir du bouton central l'épaisseur diminue beaucoup pour s'accroître à nouveau vers le bord. La coquille est très mince et souvent brisée dans le dernier demi-tour.

La coupe équatoriale ressemble à celle d'une Operculine avec le pas de la spire croissant rapidement et les chambres serrées et hautes. La hauteur des chambres du dernier tour — il y a 3 à 4 tours — est six fois celle des chambres du deuxième. Cependant la coupe axiale montre que les tours sont embrassants et que cette espèce doit être rangée dans le sous-genre *Operculinoides*.

Nos échantillons de Cuba sont macrosphériques et leur appareil embryonnaire est très petit. Un seul exemplaire de plus grande dimension pourrait peut-être être envisagé comme une forme microsphérique : il dépasserait 4 mm de diamètre s'il n'était brisé dans le dernier tour.

Comme je l'indiquais, les chambres serrées ont leurs cloisons de même caractère que les lignes septales en surface, en particulier en ce qui concerne leur trajet et leur épaisseur. Elles sont presque régulièrement arquées dans le premier tour, mais dans les suivants elles montrent de plus en plus d'irrégularité, devenant parfois plus épaisses, sinueuses ou tremblées. On pourrait même être amené à penser que les cloisons, qui présentent des épaississements transversaux saillants pouvant correspondre à un début de division des chambres en logettes, indiqueraient le passage aux Hétérostégines.

Les cloisons sont souvent avortées. On en compte 29 dans le troisième tour. La lame spirale est mince dans les deux premiers tours — 0,029 mm dans le deuxième tour — mais s'épaissit dans le troisième — 0,058 mm.

Gisements. B. 763. San Diego de Los Baños. Province de Pinar del Rio.

Heterostegina cubana sp. nov.

Pl. XXV, fig. 4, 5.

<i>Dimensions</i> :	diamètre.....	5.5
	épaisseur au centre.....	1.5
	— — bord suivant le rayon court..	0.49
	— — — — — long..	0.35

La surface est visiblement granulée et les piliers apparaissent comme des reliefs sur le trajet des cloisons des chambres et des logettes, formant ainsi l'ornementation extérieure de la coquille. A leur extrémité distale les filets sont ondulés et ceci est précisément rendu très apparent par l'ornementation décrite ci-dessus et lui confère un aspect plus riche. Outre ces piliers cette espèce possède un ombilic saillant. Tous ces détails n'ont pu être rendus visibles que par la préparation et sous baume, les échantillons bruts ayant une surface encroûtée de calcaire.

La coupe équatoriale montre un assez grand appareil embryonnaire dont la plus grande loge atteint 230 μ de diamètre et la plus petite 115 μ .

Les deux premières chambres n'ont pas de cloisons secondaires, mais dans les suivantes elles se développent progressivement à partir du haut et c'est dans cette division des chambres en logettes que nous trouvons le trait caractéristique de cette espèce : en différents points des cloisons et à des intervalles irréguliers on voit apparaître des cloisons incomplètes entre les logettes. Nous avons là comme l'image d'une structure interne encore inachevée et sans doute saisissons-nous sur le vif le passage entre les Operculines et les Hétérostégines chez qui certaines cloisons des logettes ne sont encore qu'imparfaitement développées.

On compte trois tours de spire à pas rapidement croissant et de parcours très régulier.

Gisements : B. 663. San Diego de Los Baños, province de Pinar del Rio.

L'ÉOCÈNE A CUBA.

L'Éocène, dans les provinces de Cuba dont proviennent les espèces décrites ci-dessus, se présente de la façon suivante d'après les travaux des auteurs qui ont établi la stratigraphie et levé les cartes géologiques.

Dans la province de Pinar del Rio, à l'extrémité occidentale de l'île, où j'ai recueilli *Nummulites* (*Operculinoides*) *soldadensis* VAUGHAN et COLE, *Heterostegina cubana* sp. nov., W. Vermunt observe que la base de l'Éocène est sous la forme de conglomérats, mais dans lesquels l'Éocène supérieur seul serait représenté. Il arrive à cette conclusion d'après l'étude des Foraminifères, quoique Weisbord ait trouvé dans cette série des Échinides qu'il considère comme indiquant l'Éocène moyen.

Dans la province de Santa Clara, dans la partie centrale de Cuba, étudiée par M. G. Rutten [9], on distingue deux bassins éocènes, l'un au N, l'autre au S, séparés par des massifs de serpentine et des affleurements de Crétacé. Chacun de ces deux bassins a eu un développement stratigraphique différent, mais, dans les deux, l'Éocène transgresse sur la formation de la Havane.

Dans le bassin méridional d'où proviennent *Numm.* (*Numm.*) *Dorotheae* sp. nov., *Numm.* (*Numm.*) *Rutteni* sp. nov., les grands Foraminifères sont très abondants (*Nummulites*, *Discocyclines*, *Lépidocyclines*), tandis que dans le bassin septentrional on ne trouve que des débris de *Discocyclines*, *Dictyoconus* et de nombreux petits Foraminifères.

D'après M. G. Rutten, l'Éocène du bassin méridional, dans la province de Santa Clara appartient à l'Éocène supérieur, mais des études plus récentes entreprises dans des régions situées plus à l'E, Camagüey et Oriente, ont conduit leurs auteurs à

distinguer les termes inférieur et moyen de l'Éocène. Sans aucun doute, d'après les tableaux de faunes qui ont été publiés nous n'avons pas uniquement affaire à l'Éocène supérieur.

Il faut seulement remarquer qu'aussi bien dans les travaux de Keijzer [4], van Wessen [15], Hermes [3], que dans ceux de Jesus de Albear [1], on note, parmi les faunes citées, des formes qui, d'après les dernières études paléontologiques [2], ont une position stratigraphique différente. Ceci s'applique en particulier à *Miscellanea* et *Pellatispirella*. On se reportera en outre avec intérêt au travail paru en 1945 de l'éminent géologue de Cuba, R. H. Palmer [6], qui embrasse d'une manière simple et accessible l'ensemble de l'histoire géologique de l'île.

CONCLUSIONS.

La seule forme déjà connue dans cette ensemble faunistique ici cité est *Numm. (Operculinoides) soldadensis* VAUGHAN et COLE, décrite en 1941 de l'Éocène supérieur de Trinidad. En même temps que celle-ci, ces auteurs [12] citent également *Numm. (Operculinoides) ocalana* CUSHMANN. Ces deux espèces se trouvent également ensemble à Cuba, et c'est en leur compagnie qu'apparaît *Heterostegina cubana* sp. nov. Nous pouvons donc sur cette base, considérer le gisement B. 663 comme appartenant à l'Éocène supérieur.

Les Nummulites de la province de Santa Clara, *Numm. (Numm.) Dorotheae* et *Numm. (Numm.) Rutteni*, proviennent de la limite supérieure de l'Éocène supérieur vers son passage à l'Oligocène, d'après la carte de M. G. Rutten.

Au point de vue paléontologique on sera frappé par la comparaison de certains caractères très spéciaux de ces formes de Cuba avec des espèces européennes. Je citerai seulement la ressemblance frappante de *Numm. (Numm.) Dorotheae* avec *Numm. (Numm.) irregularis* DESHAYES, la réticulation rhomboïdale de *Numm. (Numm.) Dorotheae* et de *Numm. (Numm.) Rutteni* comme chez *Numm. (Numm.) aquitanica* BENOIST et *Numm. (Numm.) laevigata* LMK, les épaississements des filets, visibles également chez *Numm. (Numm.) irregularis*¹, la ressemblance frappante des caractères superficiels de *Numm. (Operculinoides) soldadensis* avec ceux d'une Nummulite décrite comme *Numm. irregularis* DESHAYES².

1. H. DOUVILLÉ. L'Éocène inférieur en Aquitaine et dans les Pyrénées, pl. VII, fig. 1.

2. H. DOUVILLÉ. *Loc. cit.*, pl. V, fig. 24.

Je rappellerai que dans un autre travail [2] j'ai déjà signalé que les Nummulites cordelées de l'île de la Barbade présentent une affinité indéniable avec certaines formes des Indes (*Numm. (Numm.) Nuttalli* DAVIES.) et d'Europe (*Numm. (Numm.) planulatus* LNK.).

Notons enfin la ressemblance de *Numm. (Numm.) Macgillavryi* RUTTEN, de Cuba, que malgré des recherches très soigneuses je n'ai cependant pas pu retrouver, et de *Numm. (Numm.) gizehensis* FORSKALL des régions méditerranéennes.

Ces analogies sont d'autant plus remarquables que certaines de ces Nummulites, celles de Cuba, apparaissent à des niveaux plus élevés, comme si des phylums européens avaient continué à se développer dans les régions caraïbes.

Gisements.

- B. 663. Province de Pinar del Rio. Route de San Diego de Los Baños à Pasc Real, 5 km au S de San Diego. Conglomérat à galets calcaires, grès grossiers et Marnes intercalées. Gisement probablement identique à L. 832 de L. W. J. Vermunt.
- B. 665. Province de Santa Clara. Dernière maison à la sortie W de Santa Isabel. Gisement probablement identique à H. 61 de M. G. Rutten.
- B. 666. 500 m à l'W de B. 665, sur le chemin se dirigeant vers l'W. Probablement dans la même couche que B. 665.

BIBLIOGRAPHIE

1. ALBEAR (J. F. de). — Stratigraphic paleontology of Camagüey district Cuba. *Bull. Am. Ass. Pet. Geol.*, vol. 31, n° 1, 1947, p. 71-91.
2. CIZANCOURT (M^{me} de). — Nummulites de l'île de la Barbade, Petites Antilles. *Mém. S. G. F.*, t. XXVII, fasc. 1, mém. n° 57, 1947, 2 pl., 1 fig.
3. HERMES (J. J.). — Geology and Paleontology of East Camagüey and West Oriente, Cuba. Thèse, Utrecht, 1945, 74 p., cartes, planches.
4. KEIJZER (F. G.). — Outline of the geology of the eastern part of the province of the Oriente, Cuba, East of 76° W. L., with notes on the geology of other parts of the island. Thèse, Utrecht, 1945, 238 p., cartes, planches.
5. MAC GILLAVRY (H. J.). — Geology of the Province of Camagüey, Cuba, with revisional studies in Rudist paleontology. *Geogr. en Geol. Meded.* Utrecht, XIV, 1937, 169 p., carte, planches.
6. PALMER (R. H.). — Outline of the geology of Cuba. *Jour. Geol.*, vol. LIII, 1945, p. 34, fig. 6.
7. ROZLOZNIK (P.). — Studien über Nummulinen. *Geol. Hungar.*, fasc. 2, Budapest, 1929, p. 164, 8 pl., 3 fig.
8. RUTTEN (M. G.). — Larger Foraminifera of Northern Santa Clara Province Cuba. *Jour. Pal.*, vol. 9, n° 6, 1935, p. 527-545, 5 pl., 3 fig.

9. RUTTEN (M. G.). — Geology of the Northern part of the Province of Santa Clara, Cuba. *Geogr. en Geol. Meded.*, Utrecht, XI, 1936, 60 p., carte, planches.
10. THIADENS (A. A.). — Geology of the Southern part of the Province Santa Clara, Cuba. *Ibid.*, Utrecht, XII, 70 p., carte, planches.
11. — Cretaceous and tertiary Foraminifera from Southern Santa Clara Province, Cuba, *Jour. Pal.*, vol. 11, n° 2, 1937, p. 91-109. 4 pl., 3 fig.
12. VAUGHAN (I. W.) and COLE (W. S.). — Preliminary report on the cretaceous and tertiary larger Foraminifera of Trinidad, British West Indies. *Geol. Soc. Amer. spec. pap.*, n° 30, 1941, 137 p., 46 pl., 2 fig.
13. — America paleocene and eocene larger Foraminifera. Part I. *Geol. Soc. Amer. Mem.* 9, 1945, 167 p., 46 pl., 11 fig.
14. VERMUNT (L. W. J.). — Geology of the Province of Pinar del Rio, Cuba. *Geogr. en Geol. Meded.*, Utrecht, XII, 1937, 60 p., carte, planches.
15. WESSEN (A. van.). — Geology and paleontology central Camagüey, Cuba. Thèse, Utrecht, 1943, 91 p., carte, planches.

EXPLICATION DES PLANCHES

PLANCHE XXIV.

- FIG. 1, $\times 10$. — *Nummulites (Nummulites) Dorotheae* sp. nov. Coupe équatoriale. Gisement B. 665.
- FIG. 2, $\times 8$. — *Nummulites (Nummulites) Dorotheae* sp. nov. Coupe axiale. Gisement B. 665.
- FIG. 3, $\times 8$. — *Nummulites (Nummulites) Dorotheae* sp. nov. Coupe axiale. Gisement B. 665.
- FIG. 4, $\times 8$. — *Nummulites (Nummulites) Rutteni* B sp. nov. Surface. Gisement B. 665.
- FIG. 5, $\times 8$. — *Nummulites (Nummulites) Dorotheae* sp. nov. Surface. Gisement B. 665.
- FIG. 6, $\times 8$. — *Nummulites (Nummulites) Dorotheae* sp. nov. Surface de l'exemplaire représenté fig. 2. Gisement B. 665.
- FIG. 7, $\times 8$. — *Nummulites (Nummulites) Dorotheae* sp. nov. Surface. Gisement B. 665.

PLANCHE XXV.

- FIG. 1, $\times 8$. — *Nummulites (Nummulites) Rutteni* B sp. nov. Coupe équatoriale. Gisement B. 665.
- FIG. 2, $\times 8$. — *Nummulites (Nummulites) Rutteni* A sp. nov. Coupe équatoriale. Gisement B. 665.
- FIG. 3, $\times 8$. — *Nummulites (Nummulites) Rutteni* A sp. nov. Coupe axiale. Gisement B. 665.
- FIG. 4, $\times 8$. — *Heterostegina cubana* sp. nov. Surface. Gisement B. 665.
- FIG. 5, $\times 8$. — *Heterostegina cubana* sp. nov. Coupe équatoriale. Gisement B. 663.
- FIG. 6, $\times 8$. — *Nummulites (Nummulites) Rutteni* B sp. nov. Coupe axiale. Gisement B. 665.
- FIG. 7, $\times 8$. — *Nummulites (Nummulites) Rutteni* B sp. nov. Surface. Gisement B. 665.
- FIG. 8, $\times 8$. — *Nummulites (Operculinoides) soldadensis* VAUGHAN et COLE. Surface. Gisement B. 663.
- FIG. 9, $\times 8$. — *Nummulites (Operculinoides) soldadensis* VAUGHAN et COLE. Coupe équatoriale. Gisement B. 663.
- FIG. 10, $\times 20$. — *Nummulites (Operculinoides) soldadensis* VAUGHAN et COLE. Coupe axiale. Gisement B. 665.
- FIG. 11, $\times 8$. — *Nummulites (Nummulites) Rutteni* A sp. nov. Surface. Gisement B. 665.
- FIG. 12, $\times 8$. — *Nummulites (Nummulites) Rutteni* B sp. nov. Surface. Gisement B. 665.
- FIG. 13, $\times 20$. — *Nummulites (Operculinoides) soldadensis* VAUGHAN et COLE. Coupe axiale. Gisement B. 663.

SUR QUELQUES LÉPIDODENDRÉES DU NAMURIEN DE LA BASSE-LOIRE

PAR **A. Carpentier**¹.

PLANCHE XXVI.

Les empreintes de Lépidodendrées ne sont pas rares dans les divers gisements namuriens du bassin de la Basse-Loire : le genre *Lepidodendron* (*L. lycopodioides* STERNB., *L. selaginoides* ST., *L. veltheimianum* ST.) s'y trouve associé au *Lepidophloios larinus* ST. Le *Lepidodendron volkmannianum* ST. paraît jusqu'ici localisé : mine de la Tardivière, commune de Mouzeil (Loire-Inférieure), puits des Malécots, entre la Haie-Longue et Ardenay (Maine-et-Loire). C'est dans ce dernier gisement que j'ai recueilli, en septembre 1947, quelques belles empreintes de Sigillaire.

1. *Sigillaria minima* BRONG. *emend.* E. BUREAU et A. CARP.².

Pl. XXVI, fig. 1-6.

- *Description.* Files de cicatrices séparées par des lignes longitudinales ondulantes ; cicatrices plus ou moins distantes dans une même file (Pl. XXVI, fig. 2, 3), parfois très rapprochées et paraissant alors entourées d'un cadre subhexagonal³ (Pl. XXVI, fig. 1).

Chaque cicatrice foliaire à côté supérieur profondément échancré, à bord inférieur d'ordinaire subarrondi, à bords latéraux anguleux, longues de 3 et larges de 4 mm, du type *S. schlotheimiana* BRONG.⁴. Cicatricules situées dans la zone médiane, celle du faisceau allongée transversalement, celles du parichnos épaisses.

La comparaison du dessin que Brongniart a donné de l'échantillon type avec la photographie du même objet par E. Bureau⁵ montre bien ce que le dessin avait de defectueux.

La photographie (pl. XXVI, fig. 3) montre une zone plus pro-

1. Note présentée à la séance du 15 décembre 1947.

2. A. CARPENTIER. *B. S. G. F.* (5), VI, p. 42, 1936.

3. *Ibid.*, pl. IV, fig. 5.

4. A. CARPENTIER. *Mém. Soc. Géol. Nord*, t. VII, II, p. 372, pl. VI, fig. 6 et 7, 1913.

5. E. BUREAU. *Flores fossiles du bassin de la Basse-Loire*, p. 196, pl. LVI, 3, 3A. *Et. Gites min. France*, 1914.

fonde de l'écorce ; les cicatrices foliaires sont encore nettement dessinées, de nombreuses rides ou lignes se divisent par places.

Les photographies (Pl. XXVI, fig. 4-6) ne présentent plus le contour des cicatrices, dont les emplacements sont marqués par des sortes de croissants résultant de la soudure des parichnos et entourant un centre granuleux et charbonneux ; de telles empreintes ont été attribuées par erreur aux genres *Bothrodendron* ou *Cyclostigma*.

Distribution. La Sigillaire en question n'a pas été jusqu'ici reconnue dans le Westphalien du N de la France ; E. Bureau¹, après Brongniart, l'a signalée dans le Namurien de Montrelais (Loire-Inférieure) ; nous l'avons remarquée à Ardenay, à la carrière et au puits des Malécots et tout récemment à Saint-Aubin-de-Luigné dans des roches schisteuses où abonde le *Pecopteris aspera* BRONG. En dehors du bassin de la Basse-Loire on a noté sa présence dans le *Culm* d'Asnières (Sarthe)².

2. *Sigillaria* sp.

Sigillaire à côtes nettes, séparées par des sillons un peu plus écartés au niveau des cicatrices, celles-ci distantes, remplacées par les parichnos (3 mm).

Localité. Puits des Malécots, entre la Haie Longue et Ardenay.

3. *Microsporanges*.

Pl. XXVI, fig. 7 et 8.

On trouve souvent sur les anciens terrils des Mines de Mouzeil des plaques schisteuses couvertes d'organes consistants, entourés d'une sorte de coque lisse charbonneuse, dont la déhiscence a dû se faire par des valves ; ces organes ressemblent à ceux que E. Bureau a décrits et figurés comme les sporanges du *Lepidophloios laricinus* ST.³. L'analyse de quelques-uns de ces organes montre la justesse de l'observation de Bureau : ils ont en effet fourni des microspores dont la taille moyenne est de 36 μ et dont l'exospore est relativement épaisse ; ces microspores sont tout à fait semblables à celles que j'ai remarquées dans un sporange de *Lepidostrobus* provenant du Westphalien du bassin de Valenciennes (Pl. XXVI, fig 9).

1. E. BUREAU, *ibid.*, p. 154, pl. LIX, fig. 1 et 2. — A. CARPENTIER, *B. S. G. et M. Bretagne*, t. V, pl. VII, fig. 2, 1924.

2. A. CARPENTIER, *B. S. G. F.* (4), XXV, p. 363, pl. XII, fig. 1, 1925.

3. E. BUREAU, *op. cit.*, p. 173, pl. LXXIV, fig. 5-7.

Résumé. Le genre *Sigillaria*, assez rare dans le Namurien, est représenté par deux espèces ; le *Sigillaria minima* est reconnu dans plusieurs gisements de Maine-et-Loire appartenant au flanc S du synclinal de Mouzeil. — Des microspores sont décélées dans certains sporanges semblables à ceux que E. Bureau attribuait au *Lepidophloios laricinus* St.

EXPLICATION DE LA PLANCHE XXVI

Sigillaria minima BRONG. emend.

FIG. 1. — Cicatrices adjacentes, vue superficielle.

FIG. 2. — Cicatrices plus distantes, couche profonde de l'écorce visible par places.

FIG. 3. — Zone un peu plus interne, cicatrices et cicatricules nettes, distantes.

FIG. 4-6. — Surface plus profonde, cicatrices en croissants marquant l'emplacement des cicatrices foliaires.

Gisement. Mine de Saint-Aubin-de-Luigné (Maine-et-Loire).

Lepidophloios cf. *laricinus* St.

FIG. 7. — Sporanges, dont certains après déhiscence.

FIG. 8. — Microspores de l'un de ces sporanges. Gr. 300.

Localité : Mouzeil

Lepidostrobus sp.

FIG. 9. — Microspores. Gr. 200.

Provenance. Fosse Haveluy, mines d'Anzin (Nord).

LES CHEVAUCHEMENTS DE MAMIROLLE ET DE GONSANS (DOUBS)

PAR **A. Robaux**¹.

Les chevauchements de Mamirolle et de Gonsans constituent un accident très important qui se développe sur une vingtaine de km dans la région NW de la feuille d'Ornans et qui intéresse la ligne de crêtes qui dominent la région de Mamirolle-Naisey. La présence d'une zone compliquée était connue de Kilian qui l'avait interprétée sur la carte au 1/80.000^e par le moyen de deux failles. Grâce à une excellente carte au 1/20.000^e j'ai pu, au cours des campagnes de la révision de la feuille d'Ornans, tirer au clair cette région. Certains secteurs ont été étudiés avec M. le Professeur Fallot qui a bien voulu me confier la rédaction des observations sur ces accidents. L'idée générale reste conforme aux vues de Kilian, seule l'interprétation des détails et les levers précis entraînent des changements.

APERÇU GÉOGRAPHIQUE ET GÉOLOGIQUE.

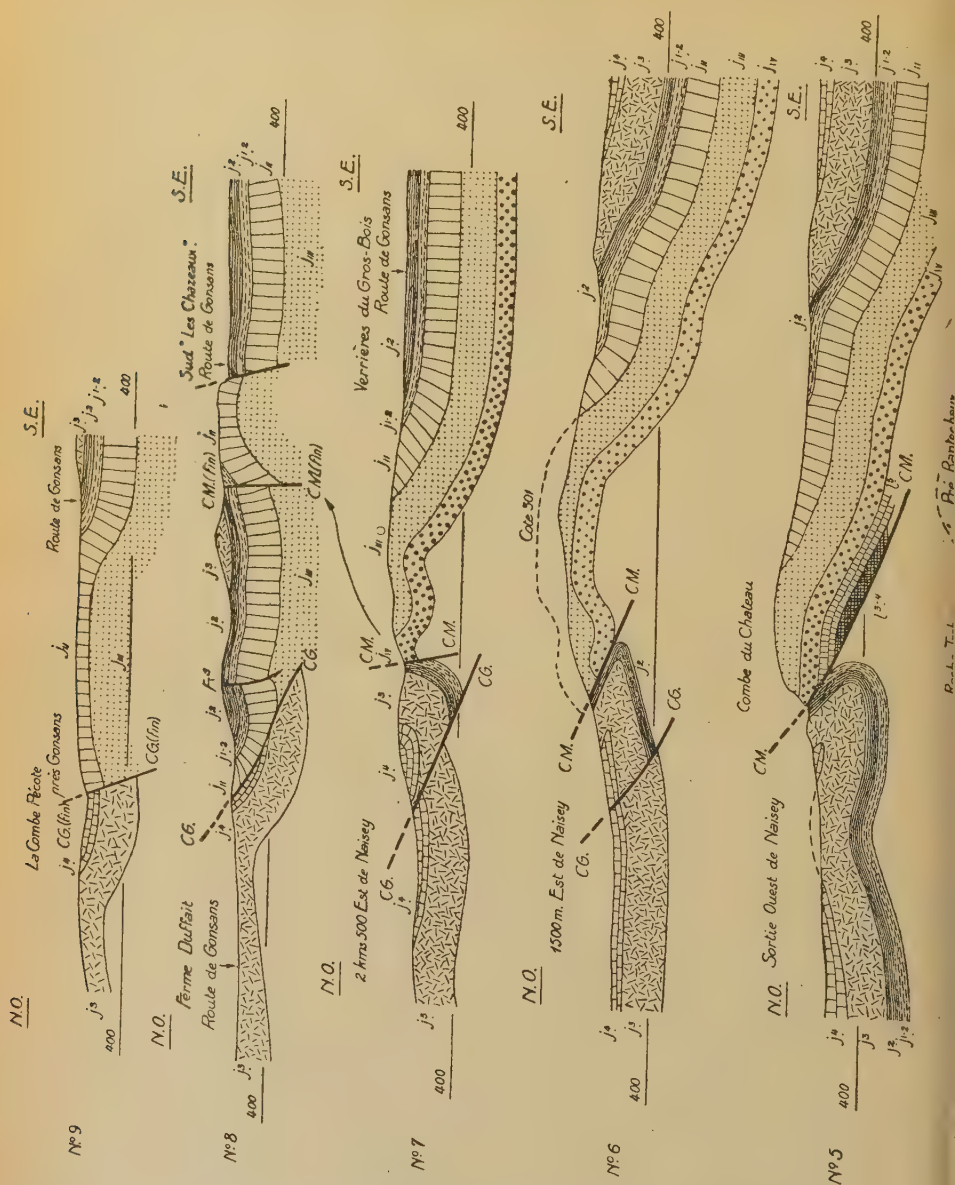
Lorsque venant de Besançon, on aborde la feuille d'Ornans par la région des « marais de Saône », on se trouve sur un très grand plateau qui est le premier replat dominant au S la vallée du Doubs. Il cote environ 400 à 450 m et il est suivi par les routes nationales qui divergent vers le N des plateaux d'Ornans et vers la Suisse. Ce plateau, ou plateau de Nancray², est limité au S par une guirlande de collines qui culminent à 700 m et qui dominent par conséquent d'environ 300 m le plateau. Ces collines déterminent donc une seconde marche au S de laquelle existe un second plateau qui est le plateau d'Ornans-Valdahon. La grande ride qui surplombe Mamirolle, a été précisément déterminée à l'origine par une série d'accidents géologiques consistant en un simple anticlinal d'abord, plus loin en un anticlinal faillé puis, vers Mamirolle, en un chevauchement. Je décrirai ce chevauchement à partir du moment où il entre dans le périmètre de la feuille d'Ornans.

Dans l'ensemble il s'agit d'un anticlinal à flanc S assez tran-

1. Note présentée à la séance du 15 décembre 1947.

2. Appelé ainsi par Em. DE MARGERIE qui dans son étude sur le Jura (*Mém. Serv. Carte géol. Fr.*, Paris 1936) avait souligné l'allure singulière de la ride qui surplombe Mamirolle (p. 832).

quille et à flanc N plus ou moins renversé, avec pli-faille donnant un chevauchement sur les couches du grand plateau de



Mamirolle. Le contact anormal se fait presque toujours par l'intermédiaire des marnes oxfordiennes qui, par leur malléabilité,

ont dû faciliter le glissement des terrains. La zone restée en place correspond au Rauracien ou au Séquanien subhorizontal

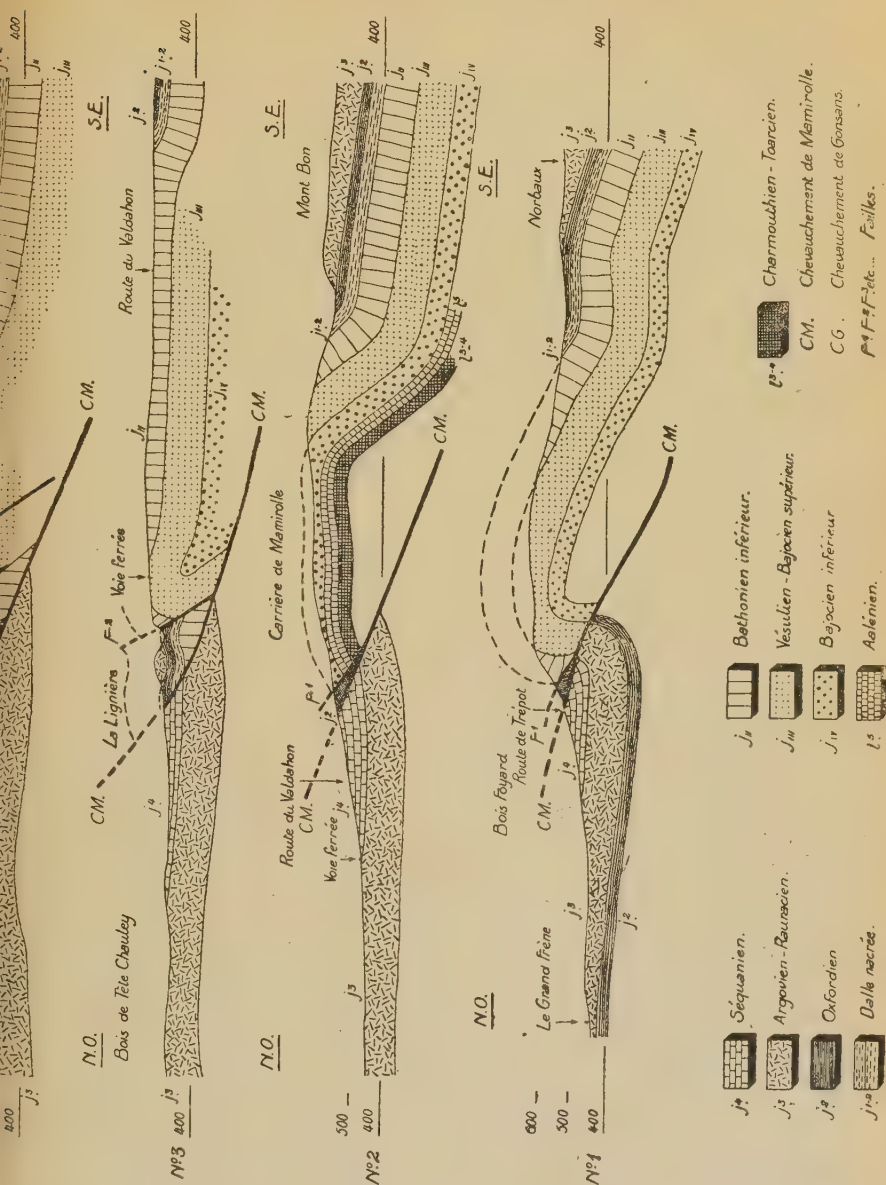


FIG. 1. — Coupes en série à travers les accidents de Mamirolle-Gonsans.

qui constitue le plateau de Mamirolle; le noyau de l'anticlinal chevauchant laisse apparaître le Bajocien et le Bathonien.

La description comprendra quatre parties :

1. Le secteur W depuis l'entrée sur la feuille d'Ornans jusqu'à la transversale de Granges Vienney (coupes 1 à 3).
2. Le secteur central entre Granges Vienney et l'Hôpital du Grosbois (coupe 4).
3. Le secteur S de Naisey (coupes 5 à 7).
4. Le développement des accidents vers l'E (coupes 8 et 9).

1. *Secteur S de Mamirolle*. — Je décrirai tout d'abord la ligne de contact anormal et ses environs, ensuite les régions N et S.

Le chevauchement entre dans le périmètre de la feuille d'Ornans au S du hameau du Gratteris, près de la chapelle Saint-Maximin. En ce point, l'accident se présente sous la forme d'une faille presque verticale qui met en contact le Bathonien de l'anticlinal du commencement du chevauchement, avec l'Oxfordien et le Callovien qui affleurent au Gratteris. L'accident est très net le long du chemin de champs qui va du Gratteris à Saint-Maximin et qui circule d'abord sur le Callovien en place, puis sur l'Oxfordien mais qui est constamment dominé par une falaise à pic constituée par le Bajocien surélevé. La Chapelle Saint-Maximin elle-même se situe au N d'un vallon taillé dans les calcaires du Rauracien surmontant l'Oxfordien précité; en face, à 50 m de là, avec un léger pendage S, on peut voir les calcaires du Bathonien faisant suite au Bajocien. Cependant la fin de l'accident semble très proche car, au S de la Chapelle Saint-Maximin, la fermeture périclinale se devine déjà et l'Oxfordien qui enveloppe l'anticlinal chevauchant vient se joindre à l'Oxfordien du vallon, sous la Chapelle Saint-Maximin.

Au droit de Gratteris, la faille augmente de rejet car, après l'Oxfordien, c'est le Rauracien qui se présente en contact avec le Bathonien, puis peu après, c'est le Séquanien surmontant le Rauracien. Le pendage des couches de ce dernier terrain est subhorizontal tandis que les calcaires du Bathonien sont inclinés au S, montrant l'allure déversée de l'anticlinal (coupe I). Entre le Séquanien et ce Bathonien, sur environ 800 m, se place un bourrelet¹ d'Oxfordien marneux. Ce bourrelet précise le passage du contact anormal et s'étend presque jusqu'au S de Mamirolle.

Vers ce village, entre le Bathonien à pendage S, chevauchant, et le Séquanien horizontal de Mamirolle vient s'insérer une écaille, sorte de prolongement du bourrelet d'Oxfordien, comprenant du Bathonien en contact avec des calcaires à entroques du Bajocien. Les deux accidents sont bien visibles dans le chemin de terre qui monte

1. Le terme « bourrelet » quoique légèrement impropre, semble préférable au mot « écaille » qui fait penser à un dispositif tectonique plus compliqué et suppose un transport. En fait, il s'agit simplement d'un coussinet formé par les marnes qui constituaient le flanc renversé de l'anticlinal et qui ont adhéré au substratum lors du chevauchement. Ces marnes malléables n'ont pas été entraînées en avant mais elles ont servi de plan de glissement pour le reste des terrains.

aux carrières au SE de Mamirolle (coupe 2) L'axe de l'anticlinal est alors constitué par du Bajocien. Les détails tectoniques ci-dessus et l'affleurement du Bajocien sont une nouveauté sur la 2^e édition de la feuille Ornans au 80.000^e.

Plus à l'E, la route nationale qui monte obliquement le crêt, vient recouper l'accident et l'on peut voir de nouveau le Bathonien et le Vésulien en contact avec le Séquanien. L'écaille est déjà terminée. Le pendage du Bathonien tend à s'orienter vers le N, ce qui souligne le chevauchement puisque ce terrain domine topographiquement le Séquanien horizontal du plateau. Ici encore, un bourrelet d'Oxfordien s'inscrit et seule une seconde faille qui détermine au contact du chevauchement une petite écaille peut expliquer la présence inattendue de ce terrain (coupe 3). Le chemin de fer qui passe à l'W de la route de Granges Vienne y recoupe ensuite les accidents, c'est-à-dire la faille et le chevauchement. Ce dernier est cependant moins net que vers Mamirolle, car le contact anormal se fait entre l'Oxfordien surmonté du Rauracien horizontal, et le Séquanien également horizontal, mais dans une position inférieure du plateau de Mamirolle. On pourrait se demander si ces terrains de l'écaille ne correspondent pas à une série continue d'assises allant du Bathonien à l'Oxfordien. Dans ce cas l'écaille serait très développée sous le chevauchement et cela correspondrait à un style tectonique beaucoup plus complexe et plus important que celui des petits chevauchements habituels du plateau d'Ornans. J'ai donc dans les coupes évité cette interprétation.

Nous quittons ici le premier secteur pour entrer dans le second, qui correspond à la région de Granges Vienne. Avant de l'aborder, il convient de revenir vers l'W pour décrire les terrains au N et au S de l'accident.

En ce qui concerne les terrains situés au N de l'accident seul le Séquanien horizontal du plateau de Mamirolle est représenté. Au Gratteris, simplement par le jeu combiné de l'érosion et d'un petit mouvement anticlinal, le Rauracien puis l'Oxfordien et enfin la dalle nacrée du Callovien apparaissent localement sous le chevauchement.

Au S de l'accident, l'anticlinal du chevauchement est très simple, il se développe en forme de croissant et grâce à une élévation d'axe au S de Mamirolle, il fait apparaître sous le Bathonien, le Vésulien puis le Bajocien exploité dans les carrières de Mamirolle. L'axe s'abaisse alors vers l'E et on retrouve la série en sens inverse : Vésulien, puis Bathonien que traversent la route et le chemin de fer de l'Hôpital du Grosbois. Au S du croissant, le pendage des couches amène normalement le Callovien assez fréquemment visible, l'Oxfordien marneux qui déterminent une grande combe dont l'allongement traduit très distinctement le dispositif en croissant de l'anticlinal. Plus au S, vers le Trépot, la série est normale et comprend le Rauracien, puis le Séquanien. La parfaite tranquillité de tout le S contraste avec les importantes frictions qu'on peut constater plus au N.

II. *Région centrale (Granges Vienney)*. — La région centrale se place sur la transversale de Granges Vienney et de l'Hôpital du Grosbois. Elle correspond à une sorte de charnière dans l'anticlinal car au croissant orienté vers le S succède un crêt rectiligne dirigé vers le NE. Le ploiement de l'anticlinal a déterminé, dans la partie centrale, une région extrêmement faillée qu'il est difficile d'analyser et dont l'interprétation actuelle peut être sujette à révision. En effet, si de Granges Vienney on monte vers l'Hôpital du Grosbois par le col entre les deux collines, on peut constater la série suivante (coupe 4) :

Au S de Granges Vienney, les calcaires du Séquanien sont horizontaux ou légèrement abaissés vers le S : un petit anticlinal occupé par le bois de la Roche Trahon barre l'horizon, il est constitué par du Rauracien qui pend au S ou qui est vertical et qui domine très nettement le Séquanien de Granges Vienney (coupe 4). Faisant suite au Rauracien, on trouve une combe, l'Oxfordien y affleure et il est la continuation de l'Oxfordien de l'écaille du premier secteur, un instant interrompue aux environs de la route de Granges Vienney. Il se présente ici encore entre deux failles dont l'une passe au N du Rauracien du Bois de la Roche Trahon. Au S de la combe oxfordienne, le premier coteau se trouve être constitué par du Bathonien au S duquel on retrouve une combe formée d'Oxfordien et de dalle nacrée. Ensuite, continuant à monter, on aborde un petit anticlinal de Bathonien dont le flanc S est recouvert par la dalle nacrée et l'Oxfordien ; celui-ci détermine une troisième combe plus élevée que les deux précédentes. Ce petit anticlinal local montre une fermeture périclinale en direction du NE (coupe 4). Le troisième Oxfordien est dominé à son tour par du Bathonien à pendage S qui forme une rupture dans la montée puis, tout à coup, au niveau de ce Bathonien, sur un quatrième replat, on trouve une dernière fois les marnes de l'Oxfordien. Il faut donc admettre la présence de quatre failles parallèles (F2, F3, F4 de la coupe 4) dirigées vers le NE limitant les quatre affleurements d'Oxfordien. La faille (F2 de la coupe 3) qui définit la première combe n'est autre que la faille de l'écaille du premier secteur. L'Oxfordien le plus élevé dessine une tache cultivée peu étendue, il semble conservé dans un petit synclinal autour duquel, sauf sur un côté où il existe une cinquième faille, on trouve la dalle nacrée du Callovien. Je me suis demandé si ces différents affleurements de l'Oxfordien ne provenaient pas simplement du glissement des marnes de cette formation. C'est impossible car non seulement l'Oxfordien est représenté dans ces compartiments tour à tour surélevés ou abaissés mais encore le Callovien et le Bathonien.

En résumé, le chevauchement passe sous « la Roche Trahon » et il est accompagné d'une faille qui lui est parallèle et qui délimite une écaille. Un faisceau de 3 failles orientées de SW à NE forme la charnière au ploiement de l'anticlinal du chevauchement.

III. *Le secteur S de Naisey.* — A l'E de Granges Vienney, vers le S de Naisey, la série est plus simple mais tout aussi typique. En effet, le Séquanien du plateau de Mamirolle se replie brutalement en dessinant un synclinal avec un flanc renversé. Dans la partie renversée, le Rauracien puis l'Oxfordien apparaissent ; ce dernier détermine la combe du Château. Au lieu du pli synclinal très brutal, de mon interprétation on pourrait admettre que le chevauchement passe au contact du Rauracien et du Séquanien, il semble cependant que les pendages confirment l'explication adoptée ici. En effet, le Séquanien de la combe du Château est dominé par le Bajocien, le Vésulien et le Bathonien de l'anticlinal du chevauchement et à la combe du Château dans un ravin, j'ai pu voir le repos tranquille du Bajocien horizontal sur l'Oxfordien renversé sous-jacent. J'estime donc que le chevauchement passe au contact de ces deux terrains et que le synclinal à flanc S renversé existe bien : c'est l'interprétation donnée à la coupe 5.

Plus au NE encore, au S de Naisey, le synclinal s'ouvre et se termine ; le dispositif typique du début du chevauchement reprend (coupe 6 et 7). La coupe 7 montre, sur le Rauracien et l'Oxfordien qui détermine une longue combe en direction « des Chazeaux », le Vésulien horizontal, puis le Bathonien du flanc S de l'anticlinal ; la faille devient verticale et se termine aux Chazeaux par la fermeture périclinale de l'anticlinal du chevauchement. Cette fermeture est toutefois affectée par une deuxième faille qui fait disparaître la dalle nacrée. La route de grande communication des Verrières du Grosbois coupe exactement la pointe de cette fin d'anticlinal. Ainsi se termine le chevauchement de Mamirolle. Mais déjà depuis l'E de Naisey, un autre accident relaie au N le précédent, c'est le chevauchement de Gonsans. Il sera décrit plus loin, après que j'aurai précisé la situation géologique au N et au S du chevauchement dans le troisième secteur.

Au N de l'accident, les terrains ont un dispositif moins tranquille que vers Mamirolle puisqu'aux environs de Granges Vienney, il existe un anticlinal de Rauracien et que, près de la combe du Château, à 500 m au N du Rauracien renversé, une boutonnière laisse apparaître le Rauracien horizontal sous le Séquanien.

Au S, la retombée de l'anticlinal est d'une uniformité parfaite si bien que la combe oxfordienne qui commence au Trépot et qui dessine un mouvement parallèle au dispositif en croissant, se poursuit vers le NE, souple comme une guirlande, le long de l'anticlinal. Aux Chazeaux, l'Oxfordien du S du mouvement rejoint celui du N lors de la fermeture périclinale du pli.

IV. *A l'E de Naisey, le chevauchement de Gonsans.* — A 1 km de Naisey commence le chevauchement de Gonsans qui a une orientation SW-NE et qui vient relayer le chevauchement dont j'ai montré la terminaison aux Chazeaux, selon une direction EW. En fait, cet accident se place entre Naisey et Gonsans. Je lui ai donné le nom de ce village important parce que de ce point part une série d'accidents dont le chevauchement est des plus caractéristiques. Comme toujours dans cette partie du Jura, les accidents sont l'expression d'efforts tangentiels très étendus et le même effort a donné lieu à une série de failles qui se relayent. Le village de Gonsans se place à un de ces relais importants.

Le début de ce petit chevauchement est très net dans la région où le synclinal renversé du 3^e secteur tend à devenir normal, c'est-à-dire à l'E de Naisey. En effet, sous le Séquanien du synclinal apparaît le Rauracien qui donne de nombreux fossiles dans les pentes de la colline, puis en contre-bas, le Séquanien horizontal du plateau de Mamirolle-Naisey s'étend dans les prés : ainsi l'accident est indiscutable (coupe 6 et 7). Il se confirme à 500 m de là dans le vallon de la Ferme Duffait (coupe 8) où le Bathonien vient chevaucher selon un plan incliné à 45° le Rauracien et le Séquanien du plateau de Mamirolle. Entre temps, la dalle du Callovien et l'Oxfordien s'étaient mis en contact avec le Séquanien tranquille du plateau. Le contact anormal se maintient entre le Séquanien et le Bathonien jusqu'à l'entrée du village de Gonsans. Une combe sèche suivie par un chemin de champs marque l'accident, et des carrières près de Gonsans donnent d'excellents pendages qui confirment l'existence d'une faille. Jusqu'à ce point, le dessin en plan de l'accident montre bien qu'il s'agit d'un chevauchement. Sous les premières maisons de Gonsans (coupe 9), l'apparition, d'une part, de la dalle nacrée et de l'Oxfordien sur le Bathonien et, d'autre part, le relèvement du Rauracien chevauché qui laisse affleurer l'Oxfordien fait s'atténuer l'accident qui depuis quelques centaines de mètres était une faille verticale et toute anomalie disparaît avec les marnes de l'Oxfordien.

Au N de la faille de Gonsans, les terrains du Jurassique supérieur sont remarquablement tranquilles c'est le plateau de Mamirolle-Gonsans. Au S, au contraire, l'anticlinal Bathonien est affecté de 4 failles très courtes dont deux abaissent en touche de piano, un compartiment où le Callovien et l'Oxfordien sont conservés au niveau du Bathonien. L'orientation de ces petits accidents reste SW-NE. La retombée tranquille du pli fait affleurer l'Oxfordien en une grande combe qui s'ouvre au S de Gonsans sur plus de 3 km jusqu'aux Chazeaux. Le Rauracien donne une colline qui rompt la monotonie de cette plaine couverte de pâturages, de cultures et de marécages.

Après Gonsans, une grande faille relaie cet accident : elle est orientée NNE-SSW et Kilian l'a fort bien notée sur le 1/80.000^e.

Avec cette faille commence la série des fractures qui s'orientent vers le N à la limite de la feuille d'Ornans. C'est le champ de fracture de la Grâce-Dieu, Chaux-les-Passavant, Belmont, Orsans, Courtelain : il a été minutieusement étudié par M. Falot et moi-même au cours des campagnes de révision de cette feuille et si, de nombreux détails diffèrent de l'ancienne carte, l'idée d'ensemble, c'est-à-dire le style des « touches de piano » affaissées ou relevées parallèlement les unes aux autres reste celui que Kilian avait déjà reconnu.

CONSIDÉRATIONS TECTONIQUES.

Les chevauchements de Mamirolle-Gonsans, débutent donc par des failles subverticales, un anticlinal amorce un pli-faille qui s'étire et donne le chevauchement. L'accident finit soit par l'intermédiaire d'un pli-faille soit par redressement du plan de chevauchement qui devient une faille verticale. Si dans les extrémités du pli l'allure chevauchante n'est plus nette, vers le centre et dans les vallons le contact anormal horizontal est indiscutable quand on le voit suivre des courbes de niveau sur plusieurs km. Mesuré au droit de Mamirolle, le déplacement horizontal peut atteindre 800 à 1.000 m. Entre Naisey et Gonsans, il est réduit à 200 ou 300 m, mais tout aussi certain.

En dehors des accidents eux-mêmes, l'allure des terrains est très intéressante. J'ai parlé du croissant de Mamirolle ou plateau en arc de cercle dont la convexité tournée vers le N correspond au maximum du chevauchement : on sent très nettement dans cette région une avancée importante, freinée à l'W et à l'E. Dans cette partie centrale l'effort a été plus grand et les terrains ont pu jouer librement. Sauf dans une écaille qui apparaît localement, aucune faille importante ne vient affecter les terrains du croissant de Mamirolle. Aux extrémités du croissant, les terrains ont subi des efforts différents et les charnières en plan du chevauchement se sont brisées en de nombreux endroits. Telle est l'explication des champs de fracture qui existent au Gratteris et aux Granges Vienney.

Il est remarquable que ces efforts aux charnières aient donné des fractures rigoureusement parallèles.

Essayons d'en analyser la cause. Si le chevauchement s'était opéré avec une poussée SN avec maximum à Mamirolle les failles du Gratteris seraient bien orientées mais celles de Granges Vienney devraient être à 45° de leur position actuelle. D'après cette dernière orientation nous devons admettre que l'effort était plu-

tôt orienté vers le NE et non vers le N. Les fractures ne sont alors que des sectionnements de la masse du chevauchement à ses charnières c'est-à-dire à ses raccords avec ce qui avait une orientation.

Une seconde hypothèse donnerait aux accidents une orientation vers le N-NW c'est-à-dire conforme aux directions habituelles des efforts dans cette partie du Jura. Mais dans ce cas les failles du Gratteris ne sont plus des failles verticales mais déjà des failles de chevauchement et il devrait en être de même aux Granges Vienney. Dans cette hypothèse, tout le faisceau d'accidents de Granges Vienney serait donc *en chevauchement*. Il partirait de l'W de l'Hopital du Grosbois et relaierait à Granges Vienney le chevauchement de Mamirolle qui finirait vers cet endroit. Je n'ai cependant pas pu découvrir d'indices de chevauchement dans le faisceau de failles de Granges Vienney.

Ainsi les chevauchements de Mamirolle, puis de Granges Vienney, puis de Gonsans disposés selon les axes privilégiés du Jura se succéderaient en travers de la feuille d'Ornans. Il n'en demeure pas moins vrai que le premier de ces accidents est en avancée sur les autres, c'est pourquoi, *a priori*, l'homogénéité dans le sens des efforts est une notion douteuse.

Dans ces conditions j'ai admis la première hypothèse, à savoir un effort tangentiel orienté NS à Mamirolle, NE 80, aux Granges Vienney, puis NW-SE plus à l'E et que les failles de cette dernière localité sont des failles verticales.

Plus à l'E le relai du chevauchement de Mamirolle par celui de Gonsans est cette fois certain et il est remarquable. Un examen superficiel ne permettrait de voir à cet endroit qu'une seule faille continue de Mamirolle à Gonsans. Grâce aux belles cartes au 1/20.000^e, il m'a été possible de serrer l'étude de très près et de préciser les conditions de ce relai. La notion de relai dans les accidents est essentielle dans cette région du Jura. *A priori* toute faille qui paraît se poursuivre sur plus de 20 ou 25 km doit être considérée comme résultant d'une interprétation sommaire. Dans tous les cas observés l'étude minutieuse a toujours mis en évidence des relais.

Du reste, il est normal qu'il en soit ainsi. Les efforts ont varié en intensité et en direction et les terrains qui les ont subis avaient des comportements très divers. Je développerai les notions dans une autre note mais il n'était pas inutile, à la fin de cette petite monographie et en manière de conclusion, de souligner les idées générales qui se dégagent des analyses de détail de ces régions.

HYDROGÉOLOGIE DU PERTUIS DE SAINT-REMY-DE-PROVENCE ET SES ABORDS

PAR **G. Corroy**¹.

Au N de Saint-Remy-de-Provence, vieille cité adossée aux Alpilles, dont les origines remontent au IV^e siècle avant notre ère, s'ouvre un seuil, ou « pertuis », qui isole la ville d'un plateau septentrional : la Petite Crau. De part et d'autre de ce pertuis, s'étendent deux plaines quaternaires : à l'E, « les Paluds » ; à l'W, « les Grès ».

Les Paluds — qu'il serait préférable de nommer anciens paluds — sont constitués par des limons qui donnent d'excellentes terres arables. Cette plaine est irriguée par de multiples canaux d'arrosage dessinant pour la plupart des rectangles de 300 m environ de longueur sur 100 de largeur autour des cultures maraîchères. On peut la situer, rive gauche de la Durance, à une cote variant entre 60 et 40 m, dans un triangle équilatéral dont les sommets sont occupés par les localités de Noves, Plan d'Orgon et Saint-Remy.

A l'W, les collines vindoboniennes de la Petite Crau bordent les Paluds, tandis que s'étale à l'occident de ces collines une seconde plaine analogue en tous points à la première : la plaine des Grès.

Au S de cet ensemble, ce sont les crêtes urgoniennes dentelées des Alpilles, avec leurs masses d'éboulis et leurs déjections torrentielles. A la limite E du paysage, la Durance, aux nombreux méandres, a creusé son lit actuel entre les cotes 70 vers l'amont et 40 à l'aval.

Sur la feuille « Avignon » au 1/80.000^e, toute cette région est représentée par les alluvions récentes de la rivière, auxquelles on rattache « les dépôts du fond des anciens marais desséchés ».

C'est donc entre les collines de la petite Crau, culminant à 85 dans leur partie méridionale, et le grand cône d'éboulis de Saint-Remy, que se trouve le pertuis, vers la cote 50.

L'irrigation des cultures des Paluds est assurée par trois canaux principaux : la branche septentrionale et la branche de Noves du

¹ Note présentée à la séance du 15 décembre 1947.

2 septembre 1948.

Bull. Soc. Géol. Fr. (5), XVII. — 35

canal des Alpilles, et le canal du Moulin dit le « Réal des Moulins ». En outre, de nombreuses émergences, dont les principales se nomment « laurons », sourdent en charge vers la partie centrale des Paluds entre les cotes 52 et 45. Les plus connus sont



FIG. 1 — La Petite Crau et les Grès, à l'E et à l'W du Pertuis de Saint-Remy. Échelle : 1/130.000.

En hachures : le Crétacé et le Tertiaire des Alpilles, le Vindobonien de la Petite Crau. En blanc : le Quaternaire. Le tireté sépare les éboulis du Pertuis des alluvions (Paluds et Grès). Forages en éboulis : A : Villargelle; B : Bonein; C : Suppo; D : Aubert; E : Terrenque; F : Cadiller; G : Roumanille. Forages en alluvions, très aquifères : 1 : Suppo; 2 : Bonein; 3 : Mauron; 4 : Soumille; 5 : Guillot; 6 : Mas Neuf; 7 : Le Tiran; 8 : Beuil; 9 : La Massane; 10 : Les Méjades; 11 : Vieux; 12 : Cornillon; 13 : Le Cast.

le « Lauron des Femmes », à 1.100 m au SW de Mollégès (169,9-809,2), d'un débit de 10 l/sec., le « Lauron de Vaucluse », à 1.700 m au S de ce village (169,1-810,1), d'un débit de 50 l/sec..

Nul doute évidemment que cette plaine ne soit enrichie hydro-

logiquement par des apports duranciens, puisque, immédiatement à l'amont oriental, la rivière traverse le pertuis d'Orgon, à la cote 80.

Comment s'effectue cet enrichissement et jusqu'à quelle limite s'étend-il ? Le pertuis de Saint-Remy fait-il communiquer souterrainement les deux plaines des « Paluds » et des « Grès » ? Tel est le but de la présente note.

I. — LES PALUDS.

Si les laurons sont utilisés pour l'arrosage dans la partie centrale, on ne peut, en raison des pollutions superficielles provoquées par les cultures maraîchères, les considérer comme des eaux potables. En sorte que de nombreuses recherches d'eau pure ont été effectuées, soit par les communes, soit par les propriétaires des mas, fort répandus dans cette région.

C'est ainsi que nous pouvons interpréter maintenant les résultats de toutes ces recherches par forage.

Remarquons d'abord que dans l'angle SW du triangle, donc aux environs immédiats de Saint-Remy, les forages ont été presque tous négatifs au point de vue hydrologique. Citons (fig. 1) ceux de : B) Mas Bonein (171,1-803,1), C) Cabane Suppo (171,5-803,3), D) Cabane Aubert (170,4-804,8), E) Terrenque (170,4-803,7), F) Cadiller (169,9-803,8)... Tous ces forages sont descendus à une dizaine de mètres et ont été arrêtés sur une argile compacte bleue micacée, à débris de Lamellibranches : le Vindobonien.

Récemment, à la suite de renseignements erronés, la ville de Saint-Remy a entrepris une recherche par puits non loin de ce dernier sondage, soit près du pont de Cadiller et du Mas Graille (169,5-803,8). Ce puits, peu aquifère, nous a permis de relever la coupe détaillée suivante, qui correspond à celles des forages précités :

0 m à 2 m	: terre arable et éboulis marneux ;
2 à 5	: tourbe ;
2,25 à 5	: marne calcaire, blanchâtre, à petites coquilles de Mollusques terrestres actuels ;
5 à 6,10	: éboulis calcaires de piedmont, avec passées torrentielles ;
6,10 à 9	: éboulis gravelo-sableux, faiblement aquifères ;
9 à 9,50	: argile calcaire micacée compacte, d'âge vindobonien.

En outre, au N de cette région, en direction de Noves, un sondage beaucoup plus profond (A sur la carte), situé près de Villar-

gelle, est entré sous l'éboulis dans la mollassse vindobonienne jusqu'à une profondeur de 55 m, fournissant seulement un débit horaire de 4 m³.

Par contre, à l'E de la ligne Villargelle-Bonein-Cadiller, d'autres recherches ont été toutes couronnées de succès, et ont rencontré l'eau au sein d'alluvions anciennes, avec un débit important. Mentionnons les principales d'entre elles, consistant simplement dans l'enfoncement d'un tuyau de 8-10 cm de diamètre en général, à 10 et 12 m de profondeur :

- 1) Suppo (171,9-806), eau jaillissant à 10 cm au-dessus du sol.
- 2) Bonein (171,1-805,3), eau jaillissant à 10 cm au-dessus du sol, mais avec intermittences estivales.
- 3) Mauron (171,3-805,8), eau jaillissant à 20 cm au-dessus du sol.
- 4) Soumille ou Mas de Lubières (171,3-806,5), ici deux sondages de 12 m fonctionnant avec abondance à 40 m l'un de l'autre.
- 5) Guillot (170,6-805,4), eau jaillissant à 20 cm du sol, avec débit de 6 litres/sec.
- 6) Mas Neuf (170,4-805,6), profondeur 13 m, eau jaillissante.

Enfin, la ville de Saint-Remy a réalisé un forage en 7) « Le Tiran » (170,4-805,9), dont nous avons relevé la coupe avec précision :

- | | |
|-------------|--|
| 0 m à 0,50 | : terre végétale; |
| 0,50 à 1,90 | : limon argileux; |
| 1,90 à 6 | : graviers fins duranciens, avec 1 ^{re} nappe aquifère; |
| 6 à 6,50 | : sables argileux fins; |
| 6,50 à 8 | : argile blanchâtre compacte; |
| 8 à 10 | : galets duranciens, avec 2 ^e nappe aquifère; |
| 10 à 12 | : sables fins, très compacts; |
| 12 à 12,50 | : sables argileux très durs; |
| 12,50 à 13 | : argile gris bleu très compacte (Vindobonien). |

Au sol, l'eau arrive avec un débit de 4 l/sec; et des essais de pompage, sur tubage de 0.300, ont donné successivement 7 l/sec à 1 m 70, 12 l/sec à 4 m, 20 l/sec à 6 m. Un puits remplaçant le forage donnait le 11 octobre 1947 : 58 l/sec.

Cette expérience a démontré ce que l'on supposait après les premiers travaux souterrains effectués à l'entour, soit l'existence de deux nappes alluviales séparées par un banc imperméable d'argile, la première, phréatique, vers 4-6 m de profondeur, la seconde, captive, plus importante, plus régulière aussi, vers 10-12 m. Cette dernière nappe subit néanmoins une augmentation de pression, après de fortes pluies dans la vallée de la Durance. D'après les cotes de départ de ces différents forages, la première gît vers la cote + 39, la seconde, vers la cote + 33.

II. — LES GRÈS.

La plaine des Grès, à l'W de la Petite Crau, est semblable à celle des Paluds : mêmes limons fertiles, mêmes canaux d'arrosage. Cependant son altitude est beaucoup plus basse : de la cote 30 près de Saint-Remy, elle descend insensiblement vers le Rhône, qui coule à Tarascon (14 km à l'W) vers la cote 5.

Des recherches d'eau profonde y ont été également effectuées, surtout aux abords de Saint-Remy. Là, dans le quartier de Saint-Roch et jusqu'au Mas de Roumanille (170,2-899,3), seuls, des éboulis ont été traversés par les sondages, dont je n'ai pu retrouver les emplacements exacts. A Roumanille, l'argile bleue micacée du Vindobonien gît à 6 m 50 (G sur carte).

Par contre, les premiers sondages aquifères avec débit important se situent sur une ligne définie comme suit (fig. 1) :

8) Mas de Beuil (169,3-797,2), à 17 m encore dans les graviers et sables ; eau remontant à 8 m ; débit : 30 l/sec.

9) La Massane-Archaimbaud (167,4-797,4), à 12 m dans les graviers ; débit : 20 l/sec.

10) Les Méjades (169,7-798,3), à 9 m dans les graviers ; débit : 20 l/sec.

11) Mas Vieux (169,9-798,5), à 9 m dans les graviers ; débit : 20 l/sec.

Puis, vers Maillanne :

12) Moulin Cornillon (170,4-797,1), nappe à 6 m, fort débit dans les graviers.

13) Le Cast (171,7-897,7), nappe à 8 m, très abondante.

D'après les cote de départ de ces différents forages, la nappe phréatique se situe vers la cote + 4.

CONCLUSIONS.

1° Nous pouvons ainsi fixer une limite aux alluvions duranciennes dans la plaine des Paluds. Cette limite borde sensiblement à l'occident les anciens paluds eux-mêmes, depuis le S de Villargelle vers Bonein, le Mas Neuf et le S du Lauron de Vaucluse. A l'W de cette ligne, le substratum des argiles micacées du Vindobonien (faciès « Schlier » des auteurs, mais ici dû à une sédimentation sans apports sableux, plus que par des dépôts en eau profonde) est masqué uniquement par des formations de piedmont (éboulis calcaires et déjections torrentielles).

2° Vers la plaine des Grès, la limite des éboulis et des alluvions se situe de même au NW de Saint-Remy, soit de Massane à Roumanille en direction d'Eyragues.

Ces faits prouvent que, contrairement à ce que L. Joleaud proposait, la Durance (ou un bras de la Durance), n'a jamais franchi¹ le pertuis de Saint-Remy, et n'a donc pas fait communiquer la région des Paluds (nappe captive actuelle à la cote + 33) avec celle des Grès (nappe phréatique à la cote + 1).

Le pertuis de Saint-Remy est un seuil peu profond, taillé dans le Vindobonien argileux, recouvert d'éboulis calcaires et les déjections provenant des Alpilles (dont on peut observer une coupe très fraîche dans les fouilles de Glanum : le Saint-Remy grec et romain)².

Quant à la terrasse recouvrant la Petite Crau, elle a été attribuée aussi à la Durance ; or, G. Denizot a déjà souligné que ce fait ne paraissait pas exact. La présente note confirme les observations suivantes de notre collègue : « C'est sans doute un alluvionnement du Rhône, décalé à gauche de la vallée actuelle, et rien n'affirme à cette époque la confluence d'un cours d'eau qui serait le précurseur de la Durance. Durant une grande partie du Quaternaire, cette rivière passait, non pas de ce côté, mais par l'emplacement de la Crau »³, la Grande Crau de Miramas.

1. L. JOLEAUD. Géologie et Paléontologie de la Plaine et du Contat et de ses abords. *Soc. Lin. Provence*, I, n° 2, 1910, p. 12 et suiv.

2. P. DE BRUN. Promenade archéologique dans les ruines de Glanum. Édité par les soins de la Fac. des Sc. de Marseille, 1942.

3. G. DENIZOT. La Crau, la Camargue, l'Étang de Berre. *Trav. Lab. Géol. Fac. Sc. Marseille*, II, 1939, p. 88-89.

ÉTUDE DU CUISIEN DANS LES VEXINS FRANÇAIS ET NORMAND

PAR **L. Feugueur**¹.

Le Vexin français est limité géographiquement par l'Oise, la Seine et l'Epte et se termine au N par la falaise tertiaire. Il est séparé par l'Epte du Vexin normand qui n'est que le prolongement et la terminaison à l'W des dépôts tertiaires de la région parisienne ; Sparnacien-Cuisien-Lutétien. On observe des sables quartzeux altérés, azoïques au S de la Seine entre l'Eure et Mantes ; ces dépôts de faible importance ont été rapportés au Cuisien = Yprésien.

Je ne retiendrai ici que les travaux d'auteurs traitant des régions qui nous intéressent. Depuis Graves (1848) nous avons quelques travaux de détail sur les sables de Sinceny d'une part, sur les sables de Cuise et enfin sur le niveau d'Hérouval qui retiendra plus longuement notre attention.

HISTORIQUE.

Le gisement d'Hérouval a été découvert par Fouquard et G. Deshayes l'a fait connaître en plaçant la faune récoltée au sommet des sables de Cuise [2]. Plus tard, de Raincourt [3] en fait un niveau intermédiaire (Cuisien-Lutétien) en créant le terme de *niveau d'Hérouval*, solution adoptée plus tard par Munier-Chalmas et A. de Lapparent [6].

M. Gossmann [8], augmente le nombre d'espèces nouvelles, tant cuisienues que lutéliennes sans modifier l'opinion générale. En 1910, F. Canu [9] est amené à une conclusion un peu différente après son étude sur les Bryozoaires. Il considère ce niveau comme un terme de passage entre le Cuisien et le Lutétien en créant le « Niveau yprésien-lutétien ». R. Abrard [13] n'ayant pu voir des coupes bien nettes, tant à Liancourt-Saint-Pierre qu'à Hérouval, pense qu'il y a eu mélange dans les récoltes et que la stratigraphie est à revoir ; il adopte une solution toute nouvelle qui est de placer le niveau d'Hérouval à la base du Lutétien. Plus tard, en 1935, L. et J. Morellet reprennent l'étude d'un gisement à Hérouval que leur signale A. Wrigley et montrent, à l'aide d'une minutieuse description stratigraphique appuyée par des preuves paléontologiques, que le niveau d'Hérouval est cuisien.

1. Note présentée à la séance du 15 décembre 1947.

Ces auteurs confirment par la suite l'existence de ce niveau à Liancourt, Saint-Pierre en se basant sur l'étude de matériaux paléontologiques. P. Lemoine [18] cite les différents travaux publiés et adopte la façon de voir de L. et J. Morellet. Il donne une série de sondages qui mettent en évidence la présence d'argile, au sommet du Cuisien, dans le centre et le NE du Vexin, qu'il attribue sous réserves aux argiles de Laon.

Plusieurs problèmes se posent :

A. — Les sables de Sinceny à galets noirs sont un précieux repère pour séparer le Sparnacien du Cuisien, il serait donc utile de connaître leur extension.

B. — Les sables fossilifères situés entre le Sparnacien et le Lutétien dans le Vexin français appartiennent-ils sans distinctions de zones au niveau d'Hérouval, comme semble l'admettre A. Pinard¹?

C. — Retrouver le niveau d'Hérouval signalé à Cahaigues par F. Canu, et rechercher l'extension de celui-ci dans le Vexin normand.

D. — Le niveau marneux ou argilo-sableux qu'on retrouve à la base du calcaire grossier, dans quelques sondages : Cormeilles-en-Vexin, Puisieux, Lierville, peut-il être rattaché aux argiles de Laon ? Ces argiles sont assez constantes au sommet des sables de Cuise à l'E de l'Oise.

*
* *

Les subdivisions que l'on a faites dans les sables de Cuise ont été établies dans la vallée de l'Oise. P. Lemoine [11] les résume comme suit :

5. Sables d'Hérouval, grès de Belleu, argiles de Laon.
4. S. de Cuise à *Cyrena Gravesi* DESH.
3. S. de Pierrefonds à *Tarritella Solanderi* MAYER-EYMAR.
2. S. d'Aizy à *Ostrea rarilamella* MELL.
1. S. de Sinceny et faluns de Pourcy (Marne).

Ces subdivisions ne sont pas toutes reconnaissables dans les Vexins français et normand.

I. SABLES DE SINCENY.

Munier-Chalmas plaçait la limite inférieure du Cuisien dès l'apparition des Nummulites et M. Leriche, plus bas, avec les sables et galets de Sinceny, solution maintenant adoptée [11]. Ce niveau

1. A. PINARD. C. R. somm. S. G. F., 3 novembre 1946.



FIG. 1. — Carte du sommet du Cuisien.

est un repère excellent pour marquer la limite entre le Sparnacien et le Cuisien. La séparation est douteuse lorsque des couches sableuses terminent et commencent l'un et l'autre des étages.

Ces sables et galets ont été signalés en quelques points du Vexin, à Chaumont-en-Vexin par Dollfus : à Théméricourt par de Boury [4] et ils ont été reconnus par P. Lemoine dans un sondage à Marines [18]. Je crois qu'on peut rattacher à ce niveau les sables colorés, micacés, à galets de Limay (P. Lemoine et A. Pinard) qui sont aussi représentés à Guitrancourt. Sous ce faciès, il s'intercale entre les argiles sparnaciennes : « Fausses glaises » et banc ligniteux, et les calcaires compacts du Lutétien moyen, dans lesquels on retrouve souvent ces galets remaniés qui les transforment alors localement en poudingue.

On peut rattacher à ce niveau les nappes de galets noirs arrondis qu'on observe sur les champs à l'W de Montjavoult, immédiatement au-dessus des argiles sparnaciennes signalées par les points d'eau. Enfin à Guित्रy, à l'extrémité W du Tertiaire dans le Vexin normand, ils ont été vus lors des travaux faits pour l'établissement d'un puisard, sous 5 m de sable jaunâtre du Cuisien.

Ils ne sont pas signalés dans quelques sondages qui auraient cependant dû les traverser : Aincourt, Lierville, etc.

2. SABLES DE CUISE.

Les épaisseurs reconnues dans les affleurements sont inférieures aux résultats fournis par les sondages. P. Lemoine a montré que le Cuisien bien développé dans la partie N du Vexin diminuait d'épaisseur vers le S. L'importance de la subsidence ne peut être déterminée, du fait que cette partie centrale et méridionale du Vexin était exondée alors que se déposaient les zones I, II et III du Lutétien.

Au-dessus des galets de Sinceny, je crois pouvoir distinguer deux horizons distincts qui sont : au sommet un niveau très fossilifère « N. d'Hérouval » et à la base un niveau peu fossilifère à *Nummulites planulatus-elegans* et *Alveolina oblonga*.

1° Niveau inférieur. Dans le Vexin normand, trois sablières sont ouvertes à l'E de Vesly. Pour y accéder on prend, à l'extrémité E du village, un chemin de plaine qui traverse un bois et conduit à une exploitation dont voici la coupe :

- 5) terre végétale et éboulis calcaire ;
- 4) grès glauconieux très durs ;

3) sable calcaire irrégulièrement induré à dents de Squales, mélangé de calcaires gréseux à *Nummulites planulatus-elegans* remaniés, identiques aux calcaires du Mont-de-Magny, j'y ai récolté :

Nummulites laevigatus LMK., *Turbinolia sulcata* LMK., *Nummulites planulatus-elegans* LMK. (remaniés), *Lunulites radiata* LMK., *L. urceolata* Cuv., *Sphenotrochus mixtus* DEFR., *S. crispus* LMK., *Diploheliararistella* DEFR. (roulé), *Eupsammia trochiformis* LMK., *Corbula striatina* DESH., *Meretrix sulcataria* DESH., *Cardium porulosum* SOL., *Venericardia sulcata* LMK., *Microstagon laevigatum* DESH., *Axinea pulvinata* LMK., *Ostrea* sp., *Dentalium striatum* Sow., *Homalaxis serrata* DESH., *Olivella* sp., *Xenophora agglutinans* LMK., pinces de Crabes.

2) Sable jaunâtre micacé sans macro-fossiles mais avec une micro-faune peu déterminable (Algues, Foraminifères, débris de Bryozoaires).

1) Bancs de grès durs, quartzeux, gris et plaquettes de calcaire tendre ou concrétions « têtes de chats ».

J'interprète cette coupe comme suit :

Les couches 3 et 4 appartiennent au Lutétien inférieur, zone II, et les couches 1 et 2 au Cuisien.

Les couches cuisienues 1 et 2 ont leur équivalence dans la sablière du Mont-de-Magny (couches n^{os} 7 à 11) [24].

Notons l'absence du « Niveau d'Hérouval » et de la zone I du Lutétien, l'assise 3 ravinant l'assise 2 sous-jacente.

Ailleurs, dans le Vexin normand, d'autres sablières situées à Guitry, Authevernes, etc., montrent un sable micacé, sans fossiles.

2° Dans le Vexin français :

a) A Chaumont-en-Vexin, derrière la laiterie, une sablière montre sur plusieurs mètres, un sable micacé sans fossile avec « têtes de chats » ; le niveau supérieur de cette sablière se retrouve à 1.000 m environ à l'E, à la base de la sablière classique de Chaumont en-Vexin, route de Liancourt-Saint-Pierre.

b) A Liancourt-Saint-Pierre une sablière située près du moulin, bien au-dessous de l'horizon fossilifère d'Hérouval, montre quelques mètres de sable blond très altéré, avec un banc de *Nummulites planulatus-elegans*, équivalent à ceux du Mont-de-Magny.

c) Une sablière, située sur la route de Wy dit Joli-village à Banthelu, montre le Cuisien fortement raviné par la zone II du Lutétien. Les couches cuisienues ravinées appartiennent aux sables de Cuise (Horizon moyen) ou au « Niveau d'Hérouval ». Une autre sablière à Banthelu, route d'Arthies, montre 3 m environ de sable grossier glauconieux appartenant au niveau moyen.

d) A Breuil près de Parnes, route de Boury-en-Vexin, un sable fin micacé, blond à Serpules est intercalé entre les sables à galets de Sinceny et le banc à *Nummulites planulatus-elegans* LMK.

e) Près de Montjavoult, dans la tranchée du chemin qui mène aux Bauves, un sable fin, blond, quartzeux et micacé, stratigraphiquement inférieur au calcaire grossier fossilifère a fourni : *Nummulites planulatus-elegans* LMK., *Alveolina oblonga* D'ORB., *Venericardia Prevosti* DESH., *Corbula striatina* DESH.

f) A Hénouville ces sables à stratification entrecroisée contiennent quelques fossiles, dont le test plus ou moins dissous rend la détermination impossible.

Ces sables sont profondément ravinés par le Lutétien qui montre des bancs calcaires et sableux à *Nummulites laevigatus* LMK. et à *Echinanthus issyavensis* KLEIN.

g) A la sortie d'Arronville, la route d'Amblainville entaille la colline qui montre un faciès calcaro-sableux dans l'horizon moyen du Cuisien.

J'ai pu observer de haut en bas :

7	Terre végétale et éboulis sableux.	
6	Sable jaunâtre altéré.....	1 m 50
5	— verdâtre fin.....	0 m 20
4	— rougeâtre argileux.....	0 m 10
3	— gris marneux, argileux.....	0 m 25
2	— verdâtre argileux compact.....	0 m 10
1	Sable jaunâtre fin micacé avec lits de concrétions siliceuses-calcédonieuses agglomérée en petites boules....	
	Ce sable est visible sur.....	1 m 30

Ces couches sont faillées et les dénivellations sont nettes dans les couches 4 et 5 qui butent contre les couches 3 et 2.

Ailleurs dans le Vexin français, de nombreuses sablières sont ouvertes, elles montrent plusieurs mètres de sable sans fossiles, fin, quartzeux, micacé, gris ou blond, devenant rougeâtre ou fauve par altération, par exemple à Nesles-la-Vallée (route de Parmain), dans la vallée de la Viosne : Chars, Santeuil, Us, Courcelles-sur-Viosne, dans la basse vallée vers Pontoise on ne retrouve ce sable que par sondage, les couches plongeant vers l'W.

3. « NIVEAU D'HÉROUVAL ».

Le « Niveau d'Hérouval » existe à Hérouval [16], Liancourt-Saint-Pierre [21], Tourly [21], Banthelu [23], Saint-Gervais [22] et je lui ai rapporté les calcaires gréseux de Mont-de-Magny [24].

J'ai retrouvé ce niveau, avec les mêmes sables caractéristiques et la faune semblable dans un autre gisement à Saint-Gervais.

Pour se rendre à la sablière, on prend la route d'Archemont à Magny-en-Vexin, à la sortie de cette localité, le chemin de plaine qui, après le passage à niveau monte vers un bosquet de peupliers d'Italie. Ceux-ci signalent les points d'eau sur le Sparnacien dans la région.

La sablière, s'ouvre immédiatement au-dessus. Elle présente de haut en bas :

- | | |
|---|--------|
| 5. Banc très dur de sables glauconieux formant des grès calcaires avec intercalations de sables grossiers glauconieux et calcaires..... | 1 m 50 |
| 4. Sable calcaire glauconieux (gros grains de quartz laiteux). | 1 m 50 |
| 3. Glauconie grossière et sable fin du Cuisien..... | 0 m 40 |
| 2. Sable fin, jaunâtre, fossilifère..... | |
| 1. Sable quartzeux fin, glauconieux, avec filets de sable rubéfié très fossilifère..... | |

5 et 4. — Ces couches, par la faune qu'elles renferment et par analogie avec les localités voisines, sont lutétiennes et doivent être rattachées à la zone II du « Calcaire grossier », bien que je n'y aie pas rencontré *Nummulites laevigatus* LMK., ce qui peut être dû, soit à des recherches insuffisantes, soit au fait que ce Foraminifère ne se rencontre en abondance que dans les dépôts marins francs.

La couche 3, montre un mélange de sable cuisien et de glauconie grossière lutétienne. Elle représente la couche transgressive de base à dents de Squalés.

2 et 1. — Ces couches sont nettement cuisienues, elles appartiennent au « Niveau d'Hérouval ». J'ai récolté :

Uteria encrinella MICH., *Nummulites planulatus-elegans* LMK., *Sphenotrochus semigranosus* MICH., *Eoscutum calvimontanum* COTTEAU, Bryozoaires (3 échantillons), *Corbula striatula* DESH., *Meretrix elegantula* DESH., *Phacoides Requieri* LÉVESQUE, Otolithes, bois silicifiés, etc.

Recherche du « Niveau d'Hérouval » dans le Vexin normand : Le Lutétien inférieur très fossilifère dans cette partie du Vexin normand a été étudié par plusieurs auteurs. L'abbé Sorignet s'est attaché à l'étude des Échinodermes. F. Canu, après l'étude des Bryozoaires, a signalé l'existence du niveau d'Hérouval à Cahaïgues. R. Abrard [13] donne une liste de Mollusques recueillis par M. Waterlot à Authevernes, (p. 110-111) et fait remarquer que ces fossiles appartiennent au Lutétien inférieur, il indique

que c'est de ce niveau que proviennent les nombreuses espèces de Cahaignes décrites par Canu, et suppose qu'il y a eu confusion de localités : Cahaignes, Authevernes, très voisines l'une de l'autre.

L. et J. Morellet [16] admettent l'existence du niveau d'Hérouval à Cahaignes, signalé par Canu, dont les dires ont été vérifiés à Liancourt-Saint-Pierre et à Hérouval.

En résumé, on se trouve en présence du fait que F. Canu, se basant sur la présence des Bryozoaires, cite le niveau d'Hérouval, P. H. Fritel en l'absence de renseignements précis reste neutre, R. Abrard opte pour le Lutétien inférieur, et L. et J. Morellet admettent l'existence du niveau d'Hérouval sous certaines réserves, par analogie avec Liancourt et Hérouval.

La première partie du problème consiste donc à retrouver la sablière ayant fourni la faune de Cahaignes :

Deux sablières sont actuellement ouvertes à l'extrémité N de Cahaignes, sur le bord d'un chemin forestier qui mène au hameau de Senancourt, le chemin suit l'affleurement de l'argile plastique qui détermine des points d'eau à gauche de ce chemin, puis immédiatement à droite sous les racines d'arbres on trouve un sable jaunâtre quartzeux très fin. Un sentier mène à droite vers une grande sablière activement exploitée. Un peu plus loin, à 200 m E de la 1^{re}, on en observe une seconde éboulée et présentant le même niveau. Ce sont vraisemblablement ces sablières qui ont fourni les Bryozoaires à F. Canu.

C'est actuellement dans la 1^{re} sablière qu'on peut faire les observations, car elle offre un front de taille long de 40 m au moins sur 10 m de hauteur.

La coupe qu'on peut en donner est très simple car, de bas en haut, on n'observe qu'une seule masse de glauconie grossière, analogue à la glauconie du Lutétien inf. de Chaumont-en-Vexin. On remarque, çà et là dans la masse, quelques zones plus fossilifères les unes que les autres, avec de nombreuses coquilles brisées et un grand nombre de Bryozoaires ; de bas en haut on trouve *Nummulites planulatus-elegans* remaniées. La partie inférieure à *Diplohelia raristella* doit raviner un sable jaune que j'attribue au Cuisien¹, invisible dans la sablière même, mais visible sur les bas côtés du chemin, et je pense que la partie supérieure appartient à la zone II. L'actuelle exploitation ne m'a pas permis d'y retrouver *Nummulites laevigatus* mais dans les éboulis qui en proviennent, j'ai constaté la présence de *Nummulites pla-*

1. Stratigraphiquement situé entre l'argile plastique et le Lutétien inférieur.

nulatus-elegans remaniées. La faune appartient au Lutétien inférieur et les fossiles cuisien qui s'y trouvent sont, sans aucun doute, remaniés.

J'ai récolté :

Nummulites planulatus-elegans LMK. (échantillons remaniés),
Diplohelix raristella DEFR., *Turbinolia sulcata* LMK., *Sphenotrochus crispus* LMK., *Sphenotrochus mixtus* DEFR., *Sphenotrochus semigranulosus* MICH., *Eupsammia trochiformis* PALLAS, *Lunulites radiata* LMK., *Lunulites urceolata* CUV., *Eoscutum calvimontanum* COTTEAU, *Corbula gallicula* DESH., *Corbula rugosa* LMK., *Corbula Lamarki*? ou *striatula*? DESH., *Tellina tellinella* LMK., *Cyrena cuneiformis* DEFR., *Cardium porulosum* SOL., *Nemocardium fraterculus* DESH., *Crassatella tenuistriata* DESH., *Crassatella trigonata* LMK., *Venericardia eudoedaea* BAYAN, *Venericardia asperula* DESH., *Pteromeris decussata* LMK., *Microstagon laevigatum* DESH., *Limopsis allera* DESH., *Limopsis granulata* LMK., *Limopsis nana* LMK., *Axinea dispar* DEFR., *Arca barbatula* LMK., *Fossularca globulosa* DESH., *Anomia*, *Ostrea flabellula*, *Dentalium striatum* SOW., *Homalaxis serrata* DESH., *Homalaxis bifrons* LMK., *Homalaxis laudunensis* DEFR., *Vermetus suessoniensis* DE LAUB., *Belosepia sepioidea* BLAINV., *Belosepia brevispina* SOW., *Myliobatis* sp., dents de Squales, Otolithes, etc.

A Authevernes je n'ai pu faire de nouvelles observations faute d'exploitations, toutefois une petite sablière est ouverte sur la route de Requiécourt où l'on voit des sables grossiers, glauconieux, vert sombre ou roux par l'altération.

Ces sables sans fossiles, vraisemblablement cuisien, n'ont rien à voir avec la glauconie grossière du Lutétien inférieur².

Sablière de Guitry³ : La sablière est ouverte à la sortie du village sur la route de Tourny et se situe à l'extrême limite NW des dépôts tertiaires de l'Ile-de-France (Vexin normand). Le village est construit sur un lambeau de Lutétien et Cuisien rattaché à la butte de Fontenay-en-Vexin par les argiles sparnaciennes. La sablière est indiquée sur la carte géologique au 1/80.000^e, feuille de Rouen SE n° 31. L'intérêt de cette sablière, en plus de sa position géographique, est de montrer clairement l'importance du ravinement lutétien par la zone I dans toute cette région et d'un ravinement ultérieur — Lutétien II — ayant arraché des moules de *Velates Schmiedeli* de l'horizon calcaro-gréseux du

1. Je remercie M. J. MORELLET qui a bien voulu vérifier ou modifier mes déterminations.

2. Voir plus loin le tableau granulométrique des sables cuisien et lutétiens.

3. Pour visiter, il est indispensable de demander l'autorisation au propriétaire M. LOROT DE GUITRY.

Mont-de-Magny¹ qu'on retrouve dans cette sablière dans un lit de galets noirâtres pétri de dents de Squalés.

La coupe présente :

0. Terre végétale.
7. Sable grossier glauconieux vert franc, nombreux grains de quartz laiteux, grains de silex, etc.
6. Sable glauconieux avec passage de calcaire tendre marneux.
5. Sable glauconieux plus fin.
4. Sable altéré roux passant à la couche 5,
épaisseur des couches 4 à 7..... 2 m 50
3. Banc de galets noirâtres très arrondis avec moules gréseux de *Velates Schmiedeli* roulés, nombreuses coquilles brisées de gros Bivalves — *Meretrix*, *Cardium*, etc. Sur les galets et coquilles se trouvent fixés quelques Polypiers..... 0 m 40
2. Sable quartzeux fin, gris, peu calcaire, avec quelques lentilles de glauconie grossière, il ravine un sable jaune, durci, micacé sans fossiles. Comme le montre la fig. 1 visible sur..... 1 m 50
1. Sable jaunâtre micacé (ce sable qui est visible sur 2 m continue en profondeur sur 4 m environ et repose sur un banc de galets épais de 40 cm, niveau aquifère, sables à galets de Sinceny).

Ces sables glauconieux sont très fossilifères, mais j'ai récolté séparément les échantillons. Je n'ai pu trouver *Nummulites laevigatus* LMK. dans les couches 3 à 7, mais je pense pouvoir leur donner l'âge correspondant, pour la raison déjà citée à Saint-Gervais.

J'interprète donc cette coupe comme suit :

- N^{os} 7 à 4 : Lutétien inférieur (zone II).
 — 3 : Couche transgressive de la zone II.
 — 2 : Lutétien inférieur (zone I).
 — 1 : Cuisien (sable altéré de l'horizon moyen).

Liste des Mollusques recueillis dans la couche inférieure n° 2.

Nummulites planulatus-elegans LMK. (nettement remaniés), *Diplohelix raristella* DEFR., *Turbinolia sulcata* LMK., *Sphenotrochus mixtus* DEFR., *Lunnulites radiata* LMK., *Lunnulites urceolata* LMK., *Phacoides latebrosus* DESH., *Erycina radiatula*? DESH., *Erycina Defrancei* REC., *Crassatella tenuistriata* DESH., *Crassatella trigonata* LMK.,

1. Je n'ai jusqu'à présent trouvé de tels moulages que dans cette région.

Venericardia Prevosti DESH., *Pteromeris decussata* LMK., *Eoscutum calvimontanum* COTTEAU, *Corbula gallica* LMK., *Corbula gallicula* DESH., *Corbula striatina* DESH., *Corbula Lamarki* DESH., *Corbula rugosa* LMK., *Abra pusilla* LMK., *Tellina tellinella* LMK., *Meretrix nitidula* LMK., *Meretrix sulcataria* DESH., *Cyrena Forbesi*? DESH., *Cyrena cuneiformis* FÉR., *Cardium porulosum* SOL., *Chama* sp., *Microstagon laevigatum* DESH., *Limopsis granulata* LMK., *Limopsis nana* LMK., *Limopsis altera* DESH., *Axinea dispar* DEFR., *Barbatia irregularis* DESH., *Barbatia appendicula* SOW., *Fossularca globulosa* DESH., *Fossularca margaritula* DESH., *Dentalium striatum* SOW., *Dentalium lucidum* DESH. ou *fissura* LMK., *Vermetus suessoniensis* DE LAUB., *Adeorbis spirorbis* LMK., Otolithes, nombreux Bryozoaires.

Liste des Mollusques des couches 3 à 7.

Nummulites planatus-elegans LMK. (échantillons remaniés), *Alveolina oblonga* D'ORB., *Diplohelix raristella* DEFR. (roulé), *Turbinolia sulcata* LMK., *Sphenotrochus crispus* LMK., *Lunnulites urceolata* CUV., *Lunnulites radiata* LMK., *Eoscutum calvimontanum* COTTEAU, *Corbula gallicula* DESH., ou jeune *Gallica*, *Corbula striatina* DESH., ou *Lamarki* DESH., *Corbula rugosa* LMK., *Meretrix nitidula* LMK., *Sanetta multisulcata* DESH., *Cyrena cuneiformis* FER., *Crassatella trigonata* LMK., *Microstagon laevigatum* DESH., *Limopsis nana* LMK., *Ostrea flabellula*, *Ostrea cariosa* LMK., *Plicatula (parisiensis)*? DESH., *Dentalium* sp., *Vermetus suessoniensis* DE LAUB., *Turritella adultera* DESH., *Mesalia multicostata* LMK., *Tuba cyclostomoides* DESH., Otolithes, Bryozoaires.

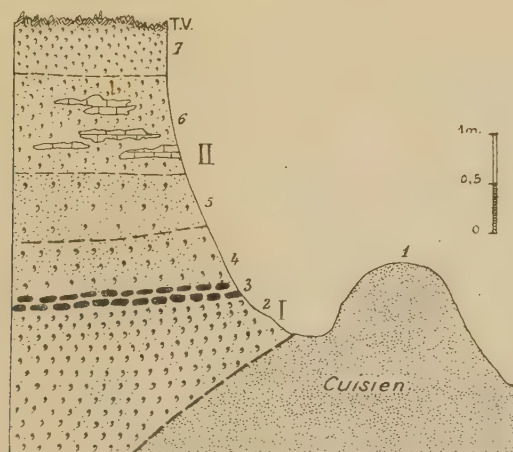


FIG. 2. — Coupe de la sablière de Guित्रy.

4. LES ARGILES DE LAON.

C'est dans le NE et E qu'il convient de rechercher l'existence des argiles de Laon bien développées à l'E de la vallée de l'Oise, Valois, Multien [19] et dans les pays situés au NW de cette rivière, décrits par P. Lemoine [20]. Dans le Vexin français, quelques sondages ont mis en évidence la présence d'argile au sommet du Cuisien ou tout au moins entre les sables jaunes ou verts des sables de Cuise et le Lutétien inférieur zone I ou II.

a) A *Cormeilles-en-Vexin*, le puits communal a traversé une couche de marne grise compacte, et petits rognons calcaires, sur 5 m 20. P. Lemoine [18].

b) Le sondage de *Lierville* [18] a traversé 1 m de sable argileux et d'argile ligniteuse.

c) Enfin à *Puiseux* on a rencontré une marne argileuse verte, sableuse sur 2 m 65, entre un calcaire chlorité et les sables jaunes, verdâtres du Cuisien.

d) Au hameau du Marais, de *Vauréal*, il existe un niveau d'eau qui donne une belle source alimentant un lavoir, à la base du calcaire grossier.

e) Dans la *vallée de la Viosne* le sommet du Cuisien n'est représenté que par des sables fins, micacés et altérés. Mais la couche lutétienne de base, très fossilifère (zone II), qui les ravine, renferme des fragments d'argile sèche assez semblable aux argiles de Ronquerolles, indice d'un démantèlement pendant la transgression¹.

f) J'ai pu enfin voir en place, les argiles ou sables argileux au sommet du Cuisien à *Ronquerolles*, *Sandricourt* et *Valmondois*.

Sablière de Ronquerolles : La sablière, indiquée sur la carte géologique au 80.000^e, feuille de Beauvais, n° 32, SW est située à 1 km environ au S du clocher.

Elle présente de haut en bas :

4. Bancs de calcaire dur à *Nummulites laevigatus* LMK... 3 à 4 m.
3. Glauconie grossière, verte ou rougeâtre par altération quelquefois transformée en grès avec poudre de limonite. 0,10 - 0,30
2. Bancs de sable argileux avec mica et argile couronnant les sables I et se divisant en :
 - a) Sable gris argileux..... 0,20
 - b) — roux fin..... 0,03

1. L. FEUGUEUR, C. R. somm. S. G. F., 4 décembre 1939.

- c) Sable et argile grise... 0,03
 d) — roux et argile beige fragmentée... 0,12
 e) — roux, quartzeux... 0,20
 f) Argile feuilletée brune très compacte... 0,04
 g) Sable fin, jaune... 0,10
 h) Argile brune compacte... 0,07
 i) Sable roux gris... 0,40
1. Sable quartzeux, gris vert, blanc, jaune ou roux, micacé, sans coquille à stratification souvent entrecroisée et quelquefois un peu argileux, visible sur... 12 m
0. Sol de la sablière — éboulis.

J'interprète cette coupe comme suit :

4. Lutétien (zone II).
 3. Lutétien (zone I).
 2. Argile de Laon ou couches équivalentes.
 1. « Sable de Cuise ».

Coupe à Sandricourt près d'Amblainville : Le chemin forestier, qui monte vers les Granges, entaille la falaise qui montre une succession de sables cuisien et calcaires lutétiens, on distingue :

- | | | | |
|-------------|---|--|----------|
| LUTÉTIEN... | { | 5. — Banc de calcaire tendre, sableux et glauconieux à <i>Nummulites laevigatus</i> LMK. | |
| | | 4. — Sable fin calcaro-quartzeux, glauconieux, fossilifère à <i>Nummulites planulatus-elegans</i> LMK (remaniés), <i>Turbinolia sulcata</i> LMK., <i>Microstagon laevigatum</i> DESH., <i>Tellina tellinella</i> LMK. <i>Homalaxis bifrons</i> LMK ; Bryozoaires, Otolithes, etc.... | 2 m |
| | | 3. — Lits d'argile sableuse et sable argileux gris, violacé avec lits d'argile discontinus..... | 0 m 40 |
| CUISIEN.... | { | 2. — Même sable fin avec de nombreuses concrétions de calcaire tendre ne dépassant que rarement la grosseur du poing..... | 0 m 40 |
| | | 1. — Sable fin quartzeux jaune ou fauve, micacé..... | 8 à 10 m |

Les couches 5 et 4, appartiennent au Lutétien inférieur.

La couche 3 peut être rattachée aux argiles de Laon.

Les couches 2 et 1, au Cuisien moyen.

A Valmondois, sur le bord de la route de l'Isle-Adam, une sablière présente 1 m 50 de sable fin micacé avec des lits d'argile marron ou grise au sommet. Ces couches argilo-sableuses sont surmontées des calcaires fossilifères à dents de Squales du Lutétien inférieur, zone II à *Nummulites laevigatus*. Notons l'absence de la glauconie grossière, zone I du Lutétien, qui existait encore à Ronquerolles, localité située à 7 km au N de cette coupe.

Je crois donc possible, et même probable, l'équivalence entre les argiles de Laon (dépôts lagunaires) et le « Niveau d'Hérouval » (dépôts marins). Le Sud du Vexin était peut-être exondé, ce qui expliquerait l'existence d'un fleuve de cet âge. P. Lemoine [14].

Avant de conclure, je crois utile de joindre un tableau sur la granulométrie des sables de Cuise :

LOCALITÉS	AGE	GROSSEUR DES GRAINS EN MM.				
		0,05 0,2	0,1 0,2	0,2 0,3	0,2 0,5	0,5 1
Liancourt Saint-Pierre.....	N. Hérouval				85	15
Saint-Gervais (2 gisements).....	»				70	30
Breuil.....	Cuisien IV		100			
Vesly.....	Cuisien III		100			
Bauves.....	Cuisien III ou IV		100			
Banthelu.....	Cuisien glauconieux III ou IV	17			56	27
Authevernes.....	»	30			40	30

Ce tableau nous montre le rapport existant entre les sables de Cuise (horizon moyen) et le niveau d'Hérouval. Bien que ces sables soient de même nature il existe une séparation très nette. Les sables d'Hérouval ont été nettement moins triturés que les sables de Cuise.

Sans craindre de tirer une conclusion hâtive de ce fait, on peut remarquer cependant que le changement de sédimentation coïncide avec l'apparition de fossiles nouveaux, précurseurs du Luté-

lien, et à l'établissement d'un régime lagunaire à l'E. Je pense qu'un mouvement précurseur au soulèvement du pays de Bray pourrait expliquer ce phénomène.

Notons pour le Lutétien, que la couche transgressive de base, de n'importe quel âge ou épaisseur, s'enrichit toujours des éléments cuisien qu'elle ravine (niveau d'Hérouval à Liancourt-Saint-Pierre et Saint-Gervais), sables plus fins ailleurs, par exemple : Monts, Les Bauves, etc.

CONCLUSIONS.

a) Les sables et galets de Sinceny existent à l'W du Vexin français et jusqu'à l'extrême pointe W du Vexin normand, à Guitry. Ils sont bien en place et peuvent servir de relais entre les régions classiques du centre du Bassin de Paris et les gisements moins connus de la Normandie.

b) Dans le Vexin français, les sables fossilifères du Cuisien se divisent en deux horizons, à savoir : 1^o un horizon moyen qui englobe les niveaux d'Aizy, Pierrefonds, et de Cuise ; 2^o le niveau d'Hérouval.

c) La faune à Bryozoaires, citée par F. Canu, de Cahaignes appartient au Lutétien inférieur et le « Niveau d'Hérouval » n'existe pas ou tout au moins n'existe plus dans le Vexin normand.

d) Un niveau argileux ou argilo-sableux existe bien au sommet des sables de Cuise dans le Vexin, où il est stratigraphiquement compris entre les sables fins à stratification entrecroisée de l'horizon de Cuise et les calcaires du Lutétien (zone I ou II). Je considère ce niveau argileux comme l'équivalent du niveau d'Hérouval.

- | | | |
|--------------|---|---|
| CUISIEN SUP. | { | 5. — Sables d'Hérouval, de Liancourt-Saint-Pierre, de Saint-Gervais. = Calcaire gréseux du Mont-de-Magny, Boury-en-Vexin, etc. = Argile de Ronquerolles = argile de Laon. |
| CUISIEN MOY. | { | 4. — Sables et grès à « têtes de chats ».
3. — Grès et sables fossilifères à stratification entrecroisée.
2. — Bancs à <i>Nummulites planulatus-elegans</i> , <i>Alveolina oblonga</i> .
Sable à Vers de Breuil (niveau local) ? |
| CUISIEN INF. | { | 1. — Sables et galets noirs avellanaire de Sinceny. |

BIBLIOGRAPHIE

1. GRAVES L. — Essai sur la topographie géognostique, du département de l'Oise. Beauvais, 1848.
2. DESHAYES C. P. — Description des animaux sans vertèbres découverts dans le Bassin de Paris. Paris, 3 vol., in-4°, 2 vol. d'atlas, 495 pl., 1836-1863.
3. DE RAINCOURT. — Sur le terrain éocène du Bassin de Paris. *B. S. G. F.* (3), IX, p. 389, 1884.
4. DE BOURY. — Sur l'extension des sables de Cuise et du calcaire de Saint-Ouen aux environs de Magny. *Ibid.* (3), XII, p. 673-674, 1884.
5. MUNIER-CHALMAS. — Note sur la nomenclature des terrains sédimentaires. *Ibid.* (3), XXI, 1893.
6. DE LAPPARENT. — Traité de Géologie, 5^e édition. Paris, Masson, 3 vol., in-8°, 1906.
7. MUNIER-CHALMAS. — Notice sur ses travaux scientifiques. Lille, 1900.
8. COSSMANN M. — Catalogue illustré des coquilles fossiles de l'Éocène des environs de Paris. *Ann. Soc. Roy. Malacologique Belgique* (Bruxelles), 1886-1913.
9. CANU F. — Bryozoaires des terrains tertiaires des environs de Paris. *Ann. Paléontologie*, Paris, 1918.
10. FRITEL Ph. — Guide géologique et paléontologique de la région parisienne. Paris, Deyrolles, 1910.
11. LEMOINE P. — Géologie du Bassin de Paris. 1 vol., Paris, Hermann, 1911.
12. FRITEL Ph. — Sur la présence aux environs de Gisors de l'horizon moyen du Cuisien sous forme de banc calcaire. *C. R. somm. S. G. F.*, 1912.
13. ABRARD R. — Le Lutétien du Bassin de Paris. (Thèse de doctorat), 1923.
14. LERICHE M. — Sur des vestiges d'une formation estuarienne d'âge yprésien, remaniée à la base du Lutétien de la bordure occidentale du Bassin de Paris. *CR. Ac. Sc.*, 1932.
15. MORELLET L. et J. — Note préliminaire sur le niveau d'Hérouval. *C. R. somm. S. G. F.*, 1934.
16. — Étude sur le niveau d'Hérouval. *B. S. G. F.* (5), V, p. 499, 1935.
17. — Confirmation de l'existence du niveau d'Hérouval à Liancourt-Saint-Pierre (Oise). *C. R. somm. S. G. F.*, p. 13, 1937.
18. LEMOINE P. — Géologie de l'Île-de-France. Le Vexin français. *Mém. Mus. Hist. Nat.*, t. V, fasc. II, 1937.
19. — Géologie de l'Île-de-France, le Valois et Multien. *Ibid.*, t. V, fasc. III, 1937.
20. — Géologie de l'Île-de-France, les pays au NW. *Ibid.*, t. V, fasc. III, 1938.
21. FEUGUEUR L. — Contribution à l'étude du niveau d'Hérouval (Cuisien) dans le Vexin français. *B. S. G. F.* (5), XIV, 1944.
22. — Coupe à Saint-Gervais (Oise). Présence du niveau d'Hérouval (Cuisien). *Bull. Mus. Hist. Nat.* (2), t. XVII, n° 3, 1945.
23. — Contribution à l'étude du Cuisien dans le Vexin français. *C. R. somm. S. G. F.*, p. 293-294, 1946.
24. — Note sur le Cuisien de la région de Gisors (Eure), *B. S. G. F.* (5), XVII, p. 437, 1947.

MÉTHODE D'ÉTUDE DES TERRASSES ¹

PAR J. Tricart ².

La stratigraphie du Quaternaire est, avant tout, celle de régions émergées, de sorte qu'elle ne peut reposer sur les méthodes habituelles, fondées sur les fossiles. L'étude du relief et de son évolution devient alors le guide principal : glaciations et terrasses fournissent les cadres chronologiques à la place de l'évolution des êtres vivants.

Nous voudrions montrer comment l'application au problème des terrasses d'une méthode nouvelle, fondée à la fois sur l'utilisation morphologique des données récemment acquises par les hydrologues et sur les progrès de l'étude pétrographique des alluvions, permet d'obtenir des résultats beaucoup plus précis.

PRINCIPAUX TYPES DE TERRASSES.

Nous appelons « terrasse » une surface plane formée de matériaux alluviaux qui domine le lit d'un fleuve, ce qui exclut les plages soulevées, désignées sous le même vocable par certains auteurs. La formation d'une terrasse exige : 1° le dépôt d'une nappe alluviale dans le lit du fleuve donc un remblaiement ; 2° l'enfoncement du fleuve dans les matériaux ainsi déposés, qui forment alors un replat dans le fond de la vallée, donc un creusement ³.

Cette succession d'actions différentes peut être due, soit à des changements du niveau de base (théorie eustatique), soit à une modification dans la puissance disponible du fleuve, sans changement dans l'altitude du niveau de base, cause en général méconnue jusqu'à présent.

Pour qu'il y ait creusement dans le lit du fleuve, il faut que la masse individuelle des matériaux qui tapissent le lit soit

1. Nous avons mis au point cette méthode à l'occasion de la préparation de notre thèse : « La partie orientale du Bassin de Paris, étude morphologique » (thèse de géographie, Paris, 1948).

2. Note présentée à la séance du 10 novembre 1947.

3. Creusement, transport et accumulation ne sont que des formes différentes du travail de l'érosion, et c'est à tort que l'on oppose « érosion » et « accumulation ». Le sens originel du mot érosion, conservé encore dans des expressions comme « cycle d'érosion », est bien celui que nous employons. Il a pour avantage de montrer l'unité du phénomène.

inférieure à la compétence du fleuve, et que la charge-limite ne soit pas atteinte au point considéré. Les matériaux entrent alors en transport jusqu'à ce que cette dernière le soit.

Pour qu'il y ait transport, sans accumulation ni ablation, il suffit que la charge-limite soit atteinte et que la masse individuelle des particules soit égale ou inférieure à la compétence.

Pour qu'il y ait accumulation, il suffit que la charge-limite soit dépassée ou que la compétence devienne inférieure à la masse individuelle des particules. Dans les deux cas, une partie des matériaux en cours de transport se déposera. Il peut fort bien y avoir accumulation sans que la charge-limite soit atteinte : il suffira pour cela que la compétence soit devenue insuffisante. De même, lorsqu'une rivière dont la charge-limite, atteinte mais non dépassée, est formée de gros galets, arrive sur des gravillons, elle peut abandonner ses galets et les remplacer par des gravillons, si sa compétence diminue. Si la charge-limite reste la même, la masse totale de matériaux ne changera pas. Il y aura en somme substitution, en cours de transport, d'un matériel fin à un autre plus grossier (Pardé). Il en résultera un changement tant dans la granulométrie des transports que dans celle des dépôts, bien qu'il puisse normalement n'y avoir ni creusement, ni remblaiement.

Il semble que la compétence dépende surtout de la turbulence et la charge-limite surtout de la vitesse du courant, en fonction de sa 6^e puissance (du Boys, Pardé). Comme ces deux données ne sont liées entre elles qu'en partie, et par des rapports très complexes (Pardé, Hjulström), capacité et compétence peuvent varier de façon indépendante dans une certaine mesure qui reste à déterminer. Les principaux facteurs qui les commandent sont la pente et le rayon hydraulique (rapport entre la section mouillée du lit et sa profondeur), qui est lui-même fonction du débit pour une part. Ces facteurs varient dans le temps et dans l'espace.

Dans le temps ce sont les changements de niveaux de base et les modifications du régime qui interviennent, donnant naissance à deux types de terrasses : les terrasses *eustatiques* et les terrasses *climatiques*.

Trois processus peuvent concourir à leur édification : les deux premiers sont mécaniques. Ils constituent des *apports longitudinaux*, quand la quasi-totalité du matériel provient de l'amont par cheminement le long du talweg, ou des apports latéraux, quand le matériel provient surtout des versants locaux. Dans le premier cas (apports longitudinaux), l'accumulation se fait par

suite d'une diminution de la compétence ou de la capacité. Les matériaux tendent à s'accumuler dans le lit de la rivière et sur la plaine d'inondation lors des décrues. Il s'ensuit donc que le talweg, par lequel les matériaux viennent de l'amont, s'exhausse progressivement. Le profil transversal d'un tel remblaiement tend à prendre une forme de plus en plus convexe vers le ciel (fig. 1), tandis que la rivière coule plus haut que certains points de sa vallée. Un exemple typique en est fourni par le Val de Loire vers Tours, comme le montrent les courbes de la carte au 1.200/000^e.

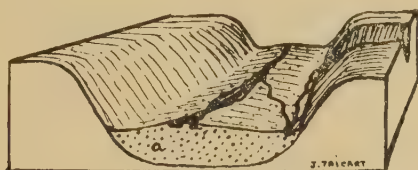


FIG. 1. — Plaine alluviale formée d'apports longitudinaux.

Noter le profil transversal convexe du remblaiement. L'affluent qui coule au pied du versant, la rivière principale perchée au point le plus haut du fond de vallée.

Cet état de choses est normalement intermittent, car, lorsque la rivière s'est perchée sur ses alluvions, il suffit d'une crue importante qui inonde toute la plaine alluviale pour qu'elle change de cours : quand les eaux baissent, elles se concentrent aux points les plus bas, délaissant l'ancien lit surhaussé pour en faire un nouveau qui se perche sur les alluvions et est alors à la merci d'une nouvelle crue. Ainsi, par des déplacements successifs du fleuve, la plaine s'élève peu à peu. C'est le cas de toutes les grandes plaines de niveau de base (Camargue, deltas du Hoang-Ho et du Mississipi, etc.).

Les apports latéraux provenant directement des versants peuvent aussi constituer des plaines alluviales. Dans ce cas, il faut que la masse des débris qui arrive ainsi latéralement au fleuve dépasse sa compétence ou sa capacité. Si la capacité n'est pas atteinte, seuls les éléments les plus gros, qui excèdent la compétence, resteront sur place, comme ces blocs de rochers provenant d'éboulements, qui encombrant parfois les lits des torrents de montagne. Si la capacité est atteinte, seuls les éléments les plus fins s'en iront, en particulier les limons colloïdaux, qui ne semblent pas entrer dans le calcul de la charge-limite, et le reste encombrera peu à peu le fond de la vallée. Comme dans le processus précédent, celui-ci s'exhaussera progressivement, mais

l'accumulation, au lieu d'être maxima vers le milieu de la vallée, sous le fleuve, le sera au pied des versants, où arrivent les matériaux, tandis que le fleuve aura tendance, surtout aux crues, à débayer en partie son lit et ses abords immédiats. Le résultat sera une plaine alluviale à profil transversal concave (fig. 2). Ici non plus, le fleuve n'aura pas un lit fixe : il tendra à serpenter entre les extrémités des coulées d'apports provenant des versants et qui ne sont pas partout d'égale importance.



FIG. 2. — Plaine alluviale formée d'apports transversaux.

Noter le profil concave de la nappe alluviale, due aux apports latéraux intenses, apportant dans la vallée une masse de matériaux supérieure à celle que peut évacuer la rivière, d'où engorgement.

Le troisième *processus* qui peut construire des remblaiements est de nature *chimique et biologique*. Dans les eaux claires et très calmes se déposent des tourbes et des travertins. L'élaboration de ces formations exige des eaux à peu près privées de produits de l'érosion mécanique. Elles se présentent le plus souvent à l'état pur dans les remblaiements. Elaborés sans apports longitudinaux ni transversaux, ils ont un profil à peu près rectiligne

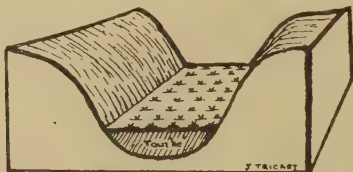


FIG. 3. — Remblaiement tourbeux.

Topographie absolument plane du sommet de la nappe, faisant un angle avec le pied des versants. La présence de cet angle montre bien l'absence totale d'apports latéraux, qui empêcheraient la formation de la tourbe.

dans toutes les dimensions, le fond de la vallée tout entier étant plan et se raccordant souvent avec la base des versants par un véritable angle (fig. 3).

On voit ainsi que la topographie des remblaiements fluviaux est fort variée, d'autant plus, que, naturellement, les deux premiers processus peuvent se combiner dans toutes les proportions possibles, donnant des profils transversaux plus ou moins concaves ou plus ou moins convexes. Or, la topographie de ces remblaiements sera, une fois qu'ils auront été entaillés, la topographie *primitive* des terrasses. Tant que celles-ci n'ont pas encore été trop violemment disséquées par l'érosion, leur surface conserve cette topographie primitive. Un exemple remarquable en est donné par une terrasse du Loir à la Flèche (Tricart). Il y a donc là, par une analyse serrée de la topographie, un moyen de savoir avec certitude si la surface d'une terrasse coïncide bien avec le sommet du remblaiement dont elle dérive, et, par là même, de reconstituer avec précision le sommet de ce dernier¹.

A côté des terrasses véritables, correspondant à la succession générale d'un épisode de remblaiement et d'une phase de creusement, existent des nappes alluviales qui ne sont pas des terrasses, bien que certains auteurs les aient considérées comme telles. Toute rivière, même si sa capacité n'est pas atteinte, tapisse son lit d'alluvions, qui y cheminent de façon intermittente. Si, pendant ce temps elle ralentit son creusement, les versants auront le temps de se façonner, parfois jusqu'à une certaine maturité. Que la rivière, reprenant son creusement s'enfonce rapidement sur place, et son ancien niveau pourra continuer d'être jalonné par une série de replats garnis d'une pellicule d'alluvions, surtout si la région est formée de roches uniformément dures. Pour éviter des confusions, car leur interprétation est aléatoire, mieux vaut les désigner par le mot « replats d'érosion ». En effet, surtout dans les hautes vallées, leur signification peut être médiocre, car ils sont souvent le résultat de causes très accidentelles. Un autre cas identique est celui des terrasses polygéniques, qui ne sont souvent que des restes de nappes alluviales de transport, abandonnées lors d'une période de creusement plus ou moins régulier, sur la rive convexe d'un méandre. Enfin un cas plus malaisé à déceler peut se produire, surtout dans les vallées étroites où coule un fleuve actif : le fleuve s'encaisse dans une nappe alluviale épaisse, puis arrête son creusement avant d'en avoir atteint la base. Le façonnement des versants peut alors devenir prédominant : il fera à peu près disparaître les restes de la terrasse ainsi engendrée. On aura alors une

1. On voit ainsi que la méthode qui consiste à retenir les cotes du seul bord externe des terrasses est fautive : l'altitude trouvée est trop faible pour les nappes d'apports longitudinaux, trop forte pour celles d'apports latéraux.

vallée dont le fond sera occupé par une plaine alluviale qui ne constituera pas le sommet d'un remblaiement, mais seulement un niveau de creusement entaillé dans un remblaiement alluvial (fig. 4). En général, on arrive à reconnaître ce cas à la présence de placages alluviaux contre les versants, dans des anfractuosités et dans des fissures, et à la topographie, légèrement ondulée de la plaine alluviale, qui est faiblement concave, même si elle est formée d'apports longitudinaux. Le cas est assez fréquent, en particulier sur la Marne entre Chelles et Lagny, sur la Seine vers Melun, etc.



FIG. 4. — Plaine alluviale entaillée au sein d'un remblaiement plus ancien.

Constituée à la suite d'une action de creusement, son profil est concave, et non exempt d'irrégularités, rappelant une topographie de creusement en roches meubles. Des placages alluviaux, parfois de vraies buttes-témoins dans la plaine, montrent l'altitude atteinte antérieurement par la nappe entaillée.

La plupart des auteurs attribuent les terrasses aux mouvements eustatiques du niveau marin. Ils s'efforcent de retrouver sur chaque rivière les niveaux de rivages de Depéret : 6-8 m, 15-18 m, 25-30 m, 55-60 m. Le seul argument en faveur de l'eustatisme est cet étagement de niveaux. En fait, obtenu au moyen de la méthode de la référence au talweg, il n'a que peu de valeur, comme nous le montrerons plus loin.

Un autre processus générateur de terrasses, en dehors des mouvements tectoniques, est constitué par les oscillations climatiques. Peu d'auteurs ont utilisé cette hypothèse (Bourcart, Bourdier, Choubert). Pour provoquer la formation de terrasses, il suffit cependant de la succession d'une période semi-aride et d'une période humide. Pendant la première, le façonnement des interfluves est très intense par suite de l'éclatement des roches sous l'action des différences de température, du ravinement qu'exercent sur un sol dénudé des averses rares, mais violentes, de la cryoturbation sous les climats froids. Les apports latéraux sont donc considérables. Par contre, les rivières sont pauvres et intermittentes (gel en climat froid, évaporation en climat chaud), leur capacité est très réduite, bien inférieure à la masse des matériaux qui viennent des versants et sous lesquels s'ennoie leur lit, ce qui explique les immenses plaines de débris des régions arides, y

compris les régions subpolaires (coulées de pierres : voir Hög-böm). Il finit par se former un véritable ennoyage qui adoucit les pentes et comble les vallées. La condition de cette action est l'absence de couverture végétale. Qu'il vienne ensuite un climat plus humide permettant la colonisation de la région par la forêt, et celle-ci arrêtera les apports latéraux, car l'action du ruissellement sous forêt est à peu près nulle (Cailloux), de même que sur les prairies denses. Dans ces conditions, la pluviosité accrue augmente le pouvoir érosif des cours d'eau, alors que cessent les apports latéraux. Les rivières vont utiliser leur capacité à creuser leur talweg ; tandis que celui-ci s'enfoncera dans le remblaiement d'autant plus vite entaillé qu'il est meuble, les versants et le rebord des terrasses, ainsi dégagés, seront préservés par la couverture forestière et conserveront leurs formes. Ce type de terrasses doit être extrêmement fréquent aussi bien dans les régions tempérées actuelles qui ont subi des conditions périglaciaires au Quaternaire, que sur le bord des régions arides qui ont connu alors des climats humides (bords du Sahara, Ouest des U. S. A.). Nous en avons mis en évidence dans le bassin de la Seine.

Naturellement toutes ces causes peuvent coexister et agir de différentes façons suivant les régions du bassin fluvial (Tricart). Des oscillations du niveau de base peuvent interférer avec des oscillations climatiques et donner des systèmes de terrasses imbriquées les unes dans les autres.

Enfin il reste un dernier point sur lequel nous devons insister, c'est sur la pente des remblaiements, et, par conséquent, du sommet des terrasses. En effet l'abandon des matériaux n'est jamais instantané, de sorte qu'il se produit toujours un triage granulométrique, les plus gros étant abandonnés les premiers. En considérant le débit d'une rivière comme constant, la pente du remblaiement dépendra de la taille des matériaux, par suite du rôle de la compétence. Ainsi, un remblaiement de gros blocs sera en pente plus forte qu'un autre, constitué de graviers ou de sable. Elle dépend aussi du débit : un fleuve puissant peut encore transporter des matériaux sur une pente où ils seraient abandonnés par une rivière moins abondante. On peut donc dire que chaque remblaiement a sa pente particulière qui lui est propre et qui est fonction des matériaux (nature, forme et masse), et du climat (débit). Cela se voit fort bien sur la Bar, par exemple, qui, décapitée par capture au profit de l'Aisne, remblait par suite de la diminution du débit. Ce serait donc le fait d'un hasard géologique invraisemblable que deux remblaiements successifs de

la même rivière aient le même profil, et soient par conséquent équidistants.

Le problème des terrasses est donc fort complexe, et son étude exige des méthodes extrêmement rigoureuses et précises, car la moindre position prise *a priori* peut entraîner à des erreurs très graves.

MÉTHODES D'ÉTUDE DES TERRASSES.

Jusqu'à présent, la plupart des travaux sont viciés à la base par une faute de méthode, celle qui consiste à choisir le talweg actuel comme axe de référence.

Il ne représente, en effet, qu'un stade épisodique et changeant. En étudiant la Somme, de Lamothe s'efforça de reconstruire le talweg tel qu'il était avant l'intervention de l'homme. Cette précaution traduit la gêne d'un esprit consciencieux en face d'une difficulté entrevue, mais non exactement délimitée et dont il n'avait pas clairement pris conscience. Le talweg actuel n'a rien de fixe : il est en pleine évolution, soit que la rivière remblaie, ce qui semble être le cas de la basse Somme et de la Seine vers son embouchure, soit qu'elle creuse. Ce travail ne s'arrête que lorsque le fleuve a atteint son profil d'équilibre, notion toute théorique d'ailleurs, dont aucun fleuve français ne semble donner l'exemple. Rappor-ter les terrasses au talweg actuel est donc rapporter quelque chose de fixe à quelque chose de mouvant, ce qui est singulièrement compliquer le problème. On s'interdit ainsi de pouvoir étudier la plupart des terrasses, et de plus on fausse complètement les résultats pour les autres.

Même si nous admettons l'eustatisme, cette méthode est inap-licable : en effet, chaque mouvement négatif du niveau de base provoque une vague d'érosion régressive. Se propageant lente-ment vers l'amont, elle n'a généralement pas le temps d'atteindre les sources avant la vague suivante ou la remontée du niveau de base.

Sur la Seine le creusement préflandrien s'est arrêté un peu en amont de Paris, vers Juvisy et Corbeil ; sur la Marne, dès les méandres de Saint-Maur. Ainsi, sauf dans le cas d'une rivière ayant complètement façonné son profil d'équilibre, le talweg actuel est-il quelque chose de disparate, dont d'importants élé-ments correspondent à des niveaux de base anciens. Or, chacun de ces éléments sert de niveau de base local pour celui qui est en amont. C'est ainsi que la tête des petits affluents du haut bas-sin de la Seine, dans le plateau de Langres, en sont encore à essayer de réaliser leur profil d'équilibre en fonction du niveau

de base pliocène (voir fig. 5). De plus, même quand elle a atteint son profil d'équilibre, une rivière a des pentes différentes suivant que ce profil s'est réalisé par creusement ou par remblaiement. En effet une rivière a atteint son profil d'équilibre lorsque sa pente est telle qu'elle ne permet plus le transport des matériaux, mais seulement l'évacuation des eaux rassemblées dans le lit. Or,

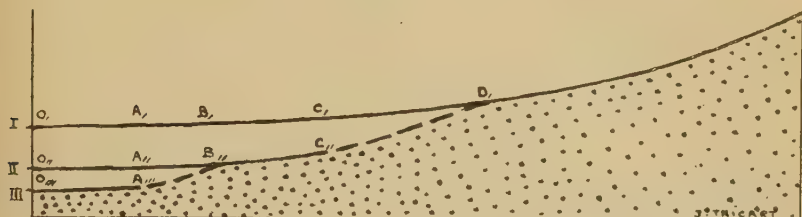


FIG. 5. — Déclanchement d'une série de vagues d'érosion régressive par un enfoncement du niveau de base.

Trait plein : secteurs où le talweg a atteint son profil d'équilibre.

Trait interrompu : secteurs où ce profil n'est pas encore atteint.

I, II, et III, niveaux de base successifs, dont l'édification a été figurée selon le même rapport que ceux qui correspondent aux rivages de 60, 30 et 15 m ; O-D, le remblaiement du rivage de 60 m, entaillé par les creusements postérieurs, forme terrasse. Mais son altitude relative est variable : de O à A, où le talweg coule sur la nappe du rivage de 15 m, la terrasse est 45 m au-dessus de lui ; de A à B, où le talweg, par un secteur de creusement rattrape le niveau du rivage II, l'altitude relative de la terrasse I décroît ; de B à C, où le talweg coule sur la nappe II, elle est constante approximativement (si les profils des nappes II et I ne sont pas très différents), et de 30 m ; de C à D, le talweg rattrape le niveau I au cours d'un secteur de creusement et l'altitude relative de la nappe I tend vers 0, ce qui est réalisé en amont de D.

La même chose se reproduit pour le niveau II, qui forme une terrasse de 15 m d'altitude relative de O à A, et tend ensuite vers 0 entre A et B, pour conserver cette valeur de B à C, on saisit ainsi sur le vif la pétition de principe que représente la théorie du parallélisme universel des terrasses de de Lamothe, qui repose sur la référence au talweg. Les lambeaux alluviaux attribués à une terrasse d'altitude relative de 15 m appartiennent ici à la nappe du rivage de 15 m, là à celle du rivage de 30 m.

L'énergie nécessaire pour mettre en marche des cailloux est plus grande que celle qui suffit à en assurer le transport, et celle-ci, elle-même, est supérieure à celle que possède la rivière lorsqu'elle les abandonne. Soit F_1 et F_2 , les forces nécessaires pour prendre en charge les matériaux d'une part, et pour les transporter d'autre part. On a $F_1 > F_2$. Or, F est principalement fonction de la pente, qui s'atténue au fur et à mesure du creusement comme du remblaiement. Le creusement s'arrêtera dès que la pente sera telle que seules les crues, où la vitesse des eaux est plus grande, pourront encore creuser dans des cas exception-

nels. La pente du talweg sera alors légèrement inférieure à celle qui correspond à F1. On aura atteint ce que nous appelons la pente d'équilibre de creusement. Dans le cas d'un remblaiement, les matériaux amenés seront de plus en plus fins au fur et à mesure que la pente diminuera par suite de l'édification même de ce remblaiement, puis elle s'arrêtera de décroître quand le minimum granulométrique des matériaux sera atteint. Elle sera alors très légèrement inférieure à celle qui correspond à la force F2 nécessaire pour transporter ces matériaux. On aura alors

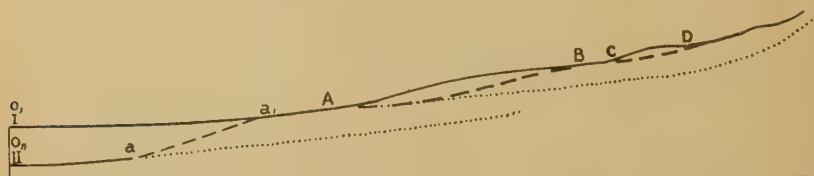


FIG. 6. — Déclenchement d'une vague d'érosion par abaissement du niveau de base sur une rivière n'ayant pas atteint son profil d'équilibre.

I et II. niveaux de base successifs.

Le creusement en fonction du niveau de base I n'avait pas encore réussi à réaliser son profil d'équilibre en amont de A lorsque se déclancha la vague d'érosion provoquée par l'abaissement du niveau de base de I à II.

Tandis qu'à l'aval de a, un nouveau profil d'équilibre en fonction de II se réalise, on voit, en amont, le profil d'équilibre en fonction de I continuer à se réaliser en amont de A, dans le secteur de vallée non encore atteint par la vague d'érosion, qui est en train de façonner le secteur a-a₁. Cette évolution en amont de A s'effectue en fonction d'un niveau de base fossile. Elle tend à régulariser les anomalies du profil, en A-B et C-D, et tend vers le profil d'équilibre marqué en pointillé.

A son tour, ce profil sera entaillé par le creusement en fonction du niveau de base II, qui tend vers un autre profil d'équilibre, indiqué aussi en pointillé.

atteint la pente d'équilibre du remblaiement en question, qui sera inférieure, pour un débit identique, à la pente du creusement façonnée dans les mêmes matériaux. Lorsque un remblaiement est entaillé par suite d'un mouvement négatif du niveau de base, le profil d'équilibre du creusement, qui part d'un point plus bas que le profil d'équilibre du remblaiement, mais qui a une pente plus forte, rattrape donc celui-ci vers l'amont, même quand la vague d'érosion régressive due au mouvement négatif s'est éteinte par réalisation du profil d'équilibre de creusement. Ces phénomènes peuvent d'ailleurs se produire sans oscillation du niveau de base local, par modification du débit, elle-même due, soit à des captures, soit à des changements climatiques : une augmentation du débit accroît la capacité et la compétence et peut

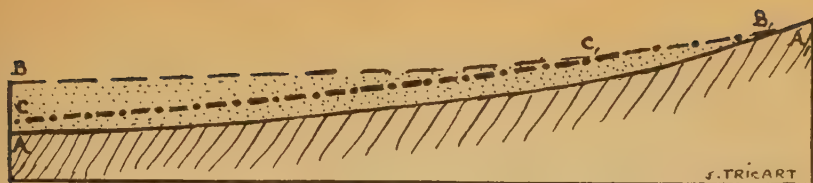


FIG. 7. — Recoupement de profils d'équilibre de creusement et de remblaiement.

A-A₁, lit rocheux du remblaiement indiqué en pointillé. Il correspond à un talweg de creusement, ayant atteint son profil d'équilibre ; B-B₁, sommet d'une nappe de remblaiement correspondant à un profil d'équilibre. Constitué par remblaiement, sa pente est plus faible que celle du lit rocheux, qui est un profil d'équilibre de creusement ; C-C₁, nouveau talweg de creusement entaillant la masse alluviale. Sa pente est supérieure à celle du remblaiement par suite de l'énergie plus grande qui est nécessaire pour prendre en charge un matériel que pour le transporter. Elle rejoint donc nécessairement vers l'amont le sommet de la nappe. En amont du point C₁, l'entaillage du remblaiement n'est plus possible sans nouvel abaissement du niveau de base.

Dans notre figure, la pente du profil d'équilibre de creusement dans la nappe alluviale, en C-C₁, est supérieure à celle du lit rocheux, bien que nous ayons admis que ce dernier avait atteint aussi son profil d'équilibre. Un tel cas se présente toutes les fois que la roche en place est meuble (sables, graviers, argiles), et que les matériaux de la nappe alluviale ont une granulométrie globale plus grossière qu'elle : leur prise en charge exige alors un courant plus rapide que celui qui peut mettre en marche les éléments de la roche en place. C'est le cas, si, par exemple, la roche en place est un sable et le remblaiement formé de graviers.

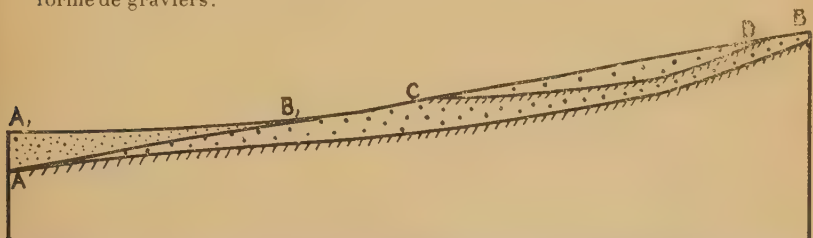


FIG. 8. — Exemple de terrasse climatique.

En A-B, profil d'un remblaiement périglaciaire, figuré en gros pointillé, sur la roche en place. Il ennoie un talweg de creusement fluvial, figuré par un trait avec barbules, dont le profil est concave ; en A₁B₁ un relèvement du niveau de base interglaciaire provoque la formation d'un remblaiement, figuré en pointillé fin, qui recouvre le précédent ; de B₁ à C le remblaiement périglaciaire est tangent au nouveau profil d'équilibre fluvial. Il est donc conservé intact et incorporé au nouveau talweg ; de C à D, la pente du nouveau profil d'équilibre fluvial est différente de celle du remblaiement périglaciaire. Ce dernier est donc entaillé. On ne peut attribuer le talweg de creusement au profil concave, figuré par un trait à barbules, à un mouvement négatif du niveau de base, puisque le remblaiement périglaciaire reste parfaitement intact en aval de B₁ à C. Ce n'est donc que le changement climatique, qui a modifié les conditions de l'érosion qui peut en être rendu responsable¹.

1. Toutes ces figures sont tirées de cas concrets, qui ont été analysés en détail dans notre thèse de doctorat. Nous prions le lecteur de bien vouloir s'y reporter quand elle sera publiée.

ainsi amener l'entaille d'un remblaiement constitué lorsque la rivière avait un débit plus faible. Il faut pour cela que le remblaiement ait un profil moins concave que le profil d'équilibre de creusement, cas qui semble assez fréquent pour les remblaiements des climats secs (fig. 8). Il est à noter d'ailleurs, que pour un débit identique la pente d'équilibre, de creusement ou de remblaiement, dépend de la taille des matériaux transportés : elle est d'autant plus élevée que ceux-ci sont plus grossiers. Ainsi une rivière qui entaille un remblaiement grossier ne pourra le faire qu'en conservant une pente forte, plus forte que celle d'une rivière moins puissante entaillant des matériaux plus fins, ce qui explique qu'il puisse y avoir des affluents coulant plus bas, au cours d'une phase de creusement, que la rivière principale plus puissante, à une même distance du confluent. Il peut aussi y avoir des captures pour la même raison, qui allongent sensiblement le cours du fleuve (phénomène d'auto-capture comme l'Aube dans la plaine de Brienne, voir notre thèse).

Il est donc impossible de prendre le talweg comme axe de référence pour repérer une terrasse, car le même remblaiement se trouvera, suivant les endroits, à des altitudes très différentes par rapport à lui. Par quoi le remplacer ? Éventuellement par le profil d'équilibre vers lequel tend le fleuve en fonction de son niveau de base actuel, en s'inspirant des travaux du géographe yougoslave Jovanovitch et en utilisant sa méthode de calcul. Ce travail, possible lorsque le débit est bien connu, aurait pour avantage de montrer ce que le fleuve doit encore évacuer avant d'arrêter son creusement, mais pour l'étude des terrasses, il se heurte à des difficultés :

1° Cette méthode ne tient pas compte du fait que la pente d'équilibre locale est différente suivant qu'il s'agit d'un secteur entaillé ou remblayé et suivant la nature et la taille des éléments qui forment le lit.

2° L'emplacement de l'embouchure se déplace horizontalement avec les variations du niveau de base : ainsi celle de la Seine, lors des grandes régressions quaternaires, si aucun mouvement tectonique n'est venu contrebalancer les oscillations eustatiques, a dû s'avancer jusque vers le Cotentin, et, lors des transgressions, reculer comme l'a fait remarquer M. Bourcart, loin vers l'amont.

3° Rien ne nous prouve que le débit n'a pas varié au cours des temps, soit par captures dans le bassin, soit par oscillations climatiques.

Enfin, pour ce qui est du tracé en plan, la méthode des réfè-

rences au talweg présente aussi de graves inconvénients : le talweg, comme nous l'avons vu, n'est pas fixe : il est très mobile sur les remblaiements, puis tend à s'enfoncer sur place lors des périodes de creusement, quoiqu'il subisse parfois des déplacements même pendant ces périodes (recoupements de méandres, glissements du talweg par suite de la pente des couches, comme l'ont montré M. Cholley et M^{me} Beaujeu). Cela a pour effet de modifier la longueur de la rivière, donc la pente du talweg. Si l'on utilise le talweg actuel pour repérer les terrasses, on s'interdit de conserver leur pente réelle sur le profil qu'on dresse puisque le fleuve qui les a construites n'avait probablement pas le même tracé, et, partant, ni la même longueur, ni la même pente.

Il faut donc, sous peine de fausser complètement les données du problème, abandonner la méthode de référence au talweg, qui est arbitraire et qui s'avère en grave contradiction avec les conséquences des lois de l'érosion fluviale. Il faut considérer chaque remblaiement comme un tout, en soi, qui s'est formé, d'après les lois générales, en fonction de données propres (climat, matériaux, position de l'embouchure, configuration du bassin, etc.) et l'étudier en lui-même et non par rapport à un talweg en pleine transformation. Au lieu de rapporter les terrasses à ce dernier, il faut les replacer seules dans l'espace.

On établira les profils en utilisant *les altitudes absolues* pour les ordonnées et, pour les abscisses, *les longueurs calculées suivant l'axe des remblaiements* et non le talweg. Cet axe représente, en effet, la position moyenne probable de la rivière pendant toute la phase d'édification de la nappe. Les longueurs seront ainsi inférieures aux longueurs réelles du talweg lorsqu'il effectuait ce travail, car un fleuve qui remblaie fait toujours des sinuosités importantes, mais cela n'apporte aucun élément de trouble car il semble bien qu'il y ait un certain rapport entre la pente des remblaiements et celle des fleuves qui les ont constitués, rapport qui serait justement fonction de l'importance des sinuosités décrites par les rivières. En tout cas, la méthode est exempte d'arbitraire et d'une application facile.

Une difficulté se présente cependant : comment raccorder entre eux des lambeaux de terrasses conservés à des distances assez grandes les uns des autres. La méthode de corrélation au talweg donnait une réponse simple : on regardait leur altitude au-dessus du fleuve puis on déduisait automatiquement le raccordement, comme si le talweg actuel avait un profil exactement parallèle à celui de toutes les terrasses, elles-mêmes parallèles entre elles, malgré la diversité des matériaux, les changements de climat, les

déplacements d'embouchure, les captures qui font varier le débit, etc. En posant le principe du parallélisme des terrasses, on arrivait ainsi à démontrer leur équidistance, cercle vicieux qui constitue le principal soutien de l'eustatisme. Pour réussir à démontrer cette idée préconçue, on utilisait n'importe quel lambeau d'alluvions au lieu de ne prendre que des éléments comparables entre eux.

Pour éviter cette erreur, il est nécessaire de faire appel aussi bien aux méthodes morphologiques, qu'aux derniers perfectionnements de la pétrographie sédimentaire.

La morphologie permet d'examiner la valeur particulière de chaque lambeau alluvial et de la reconstruction de chaque remblaiement. La présence de quelques cailloux roulés ne suffit pas, en effet, à démontrer l'existence d'une terrasse. Pour qu'il y ait terrasse véritable, il faut qu'on ait les preuves d'un remblaiement correspondant à un travail d'accumulation prolongé de la rivière, quelle qu'en soit la cause. On doit reconstruire dans l'espace la masse alluviale ainsi déposée, voir jusqu'où elle s'étendait vers l'amont, vers l'aval et de part et d'autre du fleuve, travail indispensable avant d'essayer de rechercher les causes qui l'ont provoquée. Il faut repérer la base des alluvions pour reconstituer le lit de creusement qui a précédé l'accumulation, et le sommet de la nappe alluviale, représentant le profil du remblaiement. Pour tous les lambeaux alluviaux conservés, on examinera leur épaisseur en se souvenant qu'une rivière dépose des alluvions même lorsqu'elle creuse mais que, dans ce cas, il ne s'agit que d'une pellicule peu épaisse, souvent discontinue. Pour ce qui est de détecter les vrais remblaiements, on ne retiendra donc que les nappes alluviales épaisses de plusieurs mètres et bien observables. On évitera ainsi de prendre de simples replats de creusement, ou pire, des replats structuraux où se seraient arrêtés quelques galets glissés, pour une vraie terrasse. Pour chaque élément de terrasse, on essaiera de déterminer la cote de la base des alluvions, le plus possible à l'aide de résultats de forages. Ensuite, on examinera dans quelle mesure leur sommet actuel coïncide avec celui du remblaiement intact. Pour cela il faudra étudier le sommet de la nappe alluviale à la fois selon les méthodes pétrographiques et morphologiques. Il faudra voir si la topographie du replat correspond à celle d'un élément de plaine alluviale de remblaiement (profil concave ou convexe, degré de dissection du talus, etc.).

Au point de vue pétrographique, on utilisera les méthodes de A. Cailleux pour calculer la granulométrie de bas en haut de la

coupe : si le remblaiement est conservé en entier et s'il a eu le temps de se constituer normalement, la taille des éléments doit décroître de la base vers le sommet, où les éléments sableux, argileux même doivent prédominer. Ainsi, à la Flèche, la terrasse la plus basse au droit du bois de la Butte, qui a conservé son profil transversal convexe, est formée à la base de cailloux de silex de 5-8 cm dont les interstices sont comblés par du sable, et au sommet, sur 0,53 m par du sable limoneux où l'on trouve à peine quelque silex de la même taille. De même, on fera attention de voir si le sommet de la nappe n'est pas remanié par la cryoturbation ou recouvert de limon non alluvial ; on verra ainsi si l'on affaire à un sommet de remblaiement intact, entaillé ou coiffé de formations postiches, et on saura quelle valeur accorder à la cote qu'il atteint. On examinera aussi la disposition des éléments (A. Cailleux) afin d'avoir un moyen de contrôle sur la direction de l'écoulement, ce qui peut être précieux pour retrouver la trace d'anciens méandres divaguants qui se sont établis sur le sommet du remblaiement et qui ont évolué ou disparu par la suite en s'encaissant, ou pour trouver un argument supplémentaire à un renversement de drainage consécutif à une capture. On fera aussi une statistique pétrographique des galets, quelques prélèvements de sables et de galets calcaires pour la recherche éventuelle des micro-fossiles ou des minéraux lourds.

Ce travail de terrain terminé, dont le but est de déterminer la valeur morphologique exacte de chaque lambeau alluvial, et d'éliminer tous ceux qui ont un caractère épisodique, il va falloir faire le raccordement et établir la corrélation de tous les vrais restes de remblaiements. Ici encore, il est nécessaire de combiner morphologie et pétrographie sédimentaire, qui doivent se contrôler mutuellement. Rappelons qu'une nappe alluviale forme un tout qui a sa physionomie propre, aussi bien pour ce qui est de sa forme (essentiellement de sa pente), que de sa composition (nature et façonnement des matériaux). C'est sur ces caractères que nous nous appuierons pour faire la corrélation entre les divers lambeaux conservés. Les prélèvements d'échantillons et les mesures effectuées à chaque coupe doivent permettre de doser en chaque point les matériaux d'apport longitudinal et transversal. Cela se fera aisément en combinant trois méthodes :

1° Degré de façonnement des cailloux (A. Cailleux) pour les roches tendres : une roche tendre restée anguleuse ne peut pas provenir de bien loin (calcaire tendre, craie) et représente à peu près forcément un apport latéral.

2° Minéraux lourds pour les sables, qui, s'usant moins vite que

les roches tendres, ne représentent, du point de vue du façonnement, qu'un réactif assez peu sensible en l'occurrence.

3° Micro-fossiles pour les roches sédimentaires à affleurements localisés : on pourra parfois, avec une précision de quelques kilomètres, indiquer leur origine exacte. Le dosage des apports latéraux et longitudinaux doit se recouper avec l'analyse morphologique de la topographie de la terrasse si son sommet est intact (nouveau moyen de voir si elle n'a pas été tronquée par un niveau de creusement).

La comparaison du diagramme de ces apports dans les diverses coupes d'amont en aval combinée avec la statistique pétrographique et l'étude du degré de façonnement des roches demi-dures ou dures, dont les affleurements sont localisés à l'amont, permet de suivre pas à pas l'évolution et la construction du remblaiement que l'on étudie ; on verra par exemple la place importante que tiennent les alluvions de tel ou tel affluent, pourtant médiocre, ou de certaines roches dans un remblaiement, ce qui permet de le distinguer des autres. On pourra même, éventuellement, constater qu'une terrasse emprunte ses matériaux à un remblaiement plus ancien, ce qui implique des apports longitudinaux à peu près exclusifs et l'absence de façonnements des versants (terrasses « eustatiques » de la basse Seine). En faisant le rapport entre la proportion de certaines roches dans les alluvions et les superficies qu'elles couvrent dans le bassin, on pourra avoir une idée de leur résistance relative à l'érosion (les roches dures sont relativement moins abondantes et les roches tendres relativement plus fréquentes, à condition d'être assez près des affleurements pour qu'elles ne soient pas trop usées et fragmentées en éléments initialement de tailles voisines). La corrélation des divers lambeaux alluviaux entre eux, fondée sur le façonnement progressif des éléments venus de l'amont, sur la présence de certaines roches particulières, sur la proportion des diverses roches, restreint au maximum l'arbitraire. De plus, on peut le contrôler d'après les méthodes morphologiques. Le sommet du remblaiement ainsi reconstitué doit avoir un certain profil conforme aux exigences des lois de l'érosion fluviale : en l'absence d'apports latéraux importants, l'amenuisement des matériaux vers l'aval (observé par les mesures granulométriques) doit correspondre à une diminution progressive de la pente. Des études plus poussées permettront peut-être d'arriver, pour certaines rivières à une relation chiffrée. De même, un apport massif de matériaux venant des versants en un endroit donné, doit provoquer une brisure : la pente, faible à l'amont (influence du

barrage), doit s'accélérer à l'aval (secteur de prise en charge des matériaux accumulés par les apports latéraux). Nous pourrions multiplier les exemples car chaque rivière, chaque remblaiement même, constitue un cas d'espèce. Enfin, si ces corrélations effectuées, le profil présente des anomalies que la dynamique fluviale est impuissante à expliquer, et qui sont cependant indubitables, on pourra recourir, avec une certaine vraisemblance, à l'hypothèse de déformations tectoniques.

L'emploi de ces méthodes exige une collaboration constante entre la morphologie et la pétrographie, de manière à les contrôler l'une par l'autre afin d'augmenter au maximum la rigueur scientifique du travail. La morphologie y gagnera encore en précision et la pétrographie en efficacité, car le cadre morphologique est un excellent moyen de poser les problèmes et permet souvent d'en vérifier la solution par des recoupements. L'étude des terrasses ouvre un champ immense et d'une rare richesse à de tels essais. Souhaitons que le travail en équipe, dans des laboratoires plus généreusement équipés et mieux dotés de personnel, permette d'arriver par des méthodes nouvelles à une connaissance plus approfondie de cet important problème de la géologie du Quaternaire, qui intéresse aussi au premier chef la morphologie et la préhistoire.

BIBLIOGRAPHIE

- PARDÉ. — Cours de potamologie, professé à l'École des Ingénieurs hydrauliciens de Grenoble.
- SCHAFFERNAK. — Neue Grundlagen für die Berechnung der geschleieführung in Flussläufen, Leipzig et Vienne, 1922.
- BOURCART. — Considérations théoriques sur l'origine des terrasses fluviales. *B. S. G. F.* (5), XVII, p. 395-402, 1947.
- DU BOYS. — Le Rhône et les rivières à lit affouillable. *Ann. des Ponts et Chaussées*, 1879, p. 150-155.
- HJULSTRÖM. — Studies on the morphological activity of rivers, as illustrated by the River Fyris. *Bull. Geol. Inst. Univ. Uppsala*, 1935, p. 221.
- MILON et CAILLEUX. — *CR. Ac. Sc.*, 1946, tome 217, p. 214-216.
- TRICART. — Les terrasses du Loir aux environs de la Flèche, Congrès de l'A. F. A. S. Paris, 1945.
- Premiers résultats d'une étude synchronique des terrasses du bassin de la Seine. *C. R. somm. S. G. F.*, 1947, p. 69-71.
- HÖGBOM. — Die Geologische Bedeutung des Frostes. *Bull. Geol. Inst. Univ. Uppsala*, 1911.
-

SOCIÉTÉ GÉOLOGIQUE DE FRANCE

RAPPORT DE LA COMMISSION DE COMPTABILITÉ

EXAMEN DES COMPTES DE 1947.

BUDGET DE LA SOCIÉTÉ

Votre Commission a cette année encore le plaisir de vous présenter une situation en excédent de recettes.

En effet, les comptes qui nous ont été présentés par votre Trésorier se résument dans les chiffres suivants :

Recettes effectives..... 2.146.885 fr.

Dépenses effectives :

Frais généraux.....	412.546 fr.
Publications.....	1.178.431 »
Bibliothèque.....	64.298 »
Frais de port.....	109.211 »
Divers... ..	17.513 »

1.781.999 »

Excédent des recettes sur les dépenses..... 364.886 »

Malheureusement cet heureux résultat se trouve gravement atténué par les dépenses engagées pour la publication de la Bibliographie des Sciences Géologiques qui se solde par un déficit de 245.846 fr., déficit qui a dû être supporté par votre Trésorerie, tout au moins momentanément. Ce qui ramène l'excédent indiqué plus haut à 119.040 fr.

Nous devons tout de suite indiquer que cette année la subvention du C. N. R. S. a été portée à 600.000 fr. C'est grâce à cette augmentation de subvention que votre Trésorerie a pu faire face à ses charges croissantes.

Et nous devons exprimer au Conseil du C. N. R. S. notre reconnaissance et tous nos remerciements pour l'encouragement et l'aide matérielle qu'il accorde à la Société Géologique de France.

Les prévisions pour l'année 1948 permettent d'espérer que l'année pourra s'écouler sans de graves difficultés. Ces prévisions, comme tous les ans, font état de la subvention du C. N. R. S. pour une somme égale à celle obtenue l'année précédente.

Nous avons lieu d'espérer qu'elle sera maintenue et que nous pourrions ainsi maintenir nos publications dans leur intégrité et leur accorder les soins d'édition qu'elles méritent.

Votre Commission attire spécialement votre attention sur la situation créée à votre Trésorerie par la Bibliographie des Sciences Géologiques. Il paraît assez difficile que cette publication d'une utilité cependant incontestable, puisse vivre par elle-même. D'autre part, votre Société ne peut à elle seule assumer la charge de cette publication sans compromettre son équilibre budgétaire. Une décision semble s'imposer d'urgence à ce sujet, car les prévisions 1948 laissent entrevoir que le déficit de cette année sera encore plus considérable.

Enfin, pour terminer nous vous dirons la satisfaction que nous avons eue de trouver des comptes parfaitement tenus par votre Secrétaire gérante, M^{me} HAUMONT, à qui nous adressons nos sincères remerciements, aussi bien par la bonne exécution de la comptabilité que pour l'empressement qu'elle a mis à nous faciliter notre tâche.

M. SOYER ayant vu ses fonctions de trésorier expirer avec l'exercice 1947 sur les comptes duquel nous venons de vous faire le présent rapport, nous lui adressons nos remerciements pour la gestion scrupuleusement assumée trois années durant, et nous vous proposons de lui en donner *quitus* définitif en approuvant les comptes qui vous sont présentés et qui ont été reconnus conformes aux livres de la Société.

Pour la Commission de Comptabilité,

L. BOURLIER.

Opérations 1947.

Recettes

Revenus titres.....	43.586 fr.
Cotisations.....	403.756 »
Subventions et dons..	954.980 »
Abonnements :	
Bulletin.....	190.464 »
Mémoires.....	58.430 »
Ventes :	
Bulletin.....	118.730 »
Mémoires.....	194.459 »
Autres publications.	35.990 »
Remboursements :	
d'auteurs.....	123.813 »
de ports.....	30.527 »
de taxes.....	6.118 »
Remb. de caution Bibl.	5.230 »
Retenues A. S.....	10.499 »
Divers.....	863 »
	<u>2.146.885 »</u>

Dépenses

Publications :	
C. R. somm.....	325.448 fr.
Bulletin.....	131.075 »
Mémoires.....	721.908 »
Loyer, chauff., éclair..	44.235 »
Impôts, assurances...	31.329 »
A. S. All. fam.....	41.638 »
Appointements,	
retraite.....	238.960 »
Frais de bureau.....	26.295 »
Mobilier.....	29.629 »
Frais de ports.....	109.241 »
Divers :	
Frais de Banque...	440 »
Remb. divers.....	17.513 »
Bibliothèque.....	64.298 »
	<u>1.781.999 »</u>
Solde créditeur.....	364.886 »
	<u>2.146.885 »</u>

PROJET DE BUDGET 1948

Crédit

Revenus titres.....	43.000 fr.
Cotisations.....	435.000 »
Abonnements :	
Bulletin.....	175.000 »
Mémoires.....	160.000 »
Ventes.....	400.000 »
Subventions et dons..	600.000 »
Remboursements :	
d'auteurs.....	300.000 »
de ports et taxes...	80.000 »
	<u>2.163.000 »</u>
Disponibilités 1. 1. 48.	278.250 »
	<u>2.441.250 »</u>

Débit

Publications :	
C. R. somm.....	300.000 fr.
Bulletin.....	1.000.000 »
Mémoires.....	300.000 »
Appointements,	
retraite.....	426.000 »
Loyer, chauffage, éclai-	
rage.....	60.000 »
Impôts, assurances...	35.000 »
A. S., All. fam.....	83.000 »
Ports.....	150.000 »
Divers.....	20.000 »
Bibliothèque.....	65.000 »
	<u>2.439.000 »</u>
Solde créditeur.....	2.250 »
	<u>2.441.250 »</u>

COMPTE BIBLIOGRAPHIE

Opérations 1947.

Recettes		Dépenses	
Souscriptions.....	60.287 fr.	Secrétariat 1947.....	21.500 fr.
Ventes.....	24.173 »	Impression, t. XVII...	379.807 »
Subvention.....	82.000 »	Fiches.....	11.001 »
	<u>166.462 »</u>		<u>412.308 »</u>
Solde débiteur 1947...	245.846 »		
	<u>412.308 »</u>		

Prévisions 1948.

Recettes		Dépenses	
Souscriptions.....	65.000 fr.	Secrétariat 1948.....	36.000 fr.
Vente.....	50.000 »	Impression.....	600.000 »
Subvention.....	75.000 »	Fiches.....	5.000 »
	<u>190.000 »</u>		<u>641.000 »</u>
Solde débiteur 1948..	451.000 »		
	<u>641.000 »</u>		

COMPTE AIDE AUX JEUNES

Recettes		Dépenses	
Dons 1947.....	5.190 fr.	Allocations.....	3.650 fr.
Disponibilités 1. 1. 47.	4.058 »	Solde créditeur..	5.598 »
	<u>9.248 »</u>		<u>9.248 »</u>

COMPTE PRIX

Crédit		Débit	
Disponibilités 1. 1. 47.	32.770 fr.	Prix et Médailles.....	11.932 fr.
Revenus.....	6.724 »	Fondations.....	6.014 »
	<u>39.494 »</u>	Frais généraux.....	1.058 »
			<u>19.004 »</u>
		Solde créditeur.....	20.490 »
			<u>39.494 »</u>

TABLE

DES NOTES ET DES MÉMOIRES CONTENUS

DANS LE VOLUME XVII DU BULLETIN (1947)

	Pages
L. Dubertret. — Problèmes de la géologie du Levant (1 pl., 10 fig., 1 tabl. de coupes).....	1
V. Stchépinsky. — Sur la limite septentrionale du Plateau syrien (1 fig.).....	33
N. Oulianoff. — Infrastructure des Alpes et tremblement de terre du 25 janvier 1946 (1 fig.).....	39
P. Lapadu-Hargues. — Une grande région de faible résistance dans la partie médiane du Massif Central français (1 fig.).....	55
H. et G. Termier. — Un organisme récifal du Cambrien marocain : <i>Anzalia cerebriformis</i> nov. gen. nov. sp. (4 fig.).....	61
G. F. Elliott. — Distribution des Brachiopodes en espèces et ses causes, illustrée par les Térébratulunides de l'Éocène de l'Europe occidentale.....	67
P. Russo. — Contribution à l'étude tectonique de la Méditerranée occidentale (4 fig.).....	81
J. Caillère et F. Kraut. — Sur le minerai de fer oolithique de Moulaine et sur la présence dans ce minerai d'un minéral phosphaté (2 pl., 1 fig.).....	97
E. de Chételet. — La genèse et l'évolution des gisements de nickel de la Nouvelle-Calédonie (6 pl., 10 fig., 3 tabl.).....	105
J. Fromaget. — Observations géologiques sur la région minéralisée en cuivre et en étain située au sud-ouest du Tranninh (Laos) (P'ou P'a Pet et Haut Nam Thong) (11 fig., 1 carte).....	161
A. Paque. — Faune et morphologie des alluvions anciennes de l'Ornain e de l'Ante (2 fig.).....	193
G. Castany. — Le synclinal des Verrières (Jura) et la « collapse structure » (2 fig.).....	199
G. Gardet. — Note sur le Domérien du SE du Plateau de Langres (2 fig.).....	209
R. Laffitte. — Faciès, épaisseur des sédiments et paléogéographie dans le Bas-Sahara pendant les temps secondaires (2 fig.).....	213
J. Deicha. — Roches et assemblages cristallins (1 pl.).....	217
J. Roger. — Découverte d'une coquille de <i>Sepia</i> (S. cf. <i>Vindobonensis</i> SCHLOENBACH) dans le Vindobonien supérieur de Saubrigues (Landes) et histoire paléontologique des <i>Sepidae</i> (2 fig.).....	225
R. Perrin et M. Roubault. — Relations des granites, granulites et roches amphiboliques de la côte de Bénodet (Finistère) (18 fig.).....	233

L. Feugueur. — Le Lutétien dans le SE du Vexin français.....	249
F. Ellenberger. — Le problème de la craie durcie de Meudon. Bancs limites et « contacts parracines » ; lacune sous-marine ou émergence ? (1 pl., 9 fig.).	255
J. Pfender † et E. Basse. — <i>Elianella</i> nov. gen. <i>elegans</i> nov. sp., organisme constructeur de calcaires typiquement développé dans le Paléocène du SW malgache (1 pl.).....	275
M. Brousse. — Le Lias inférieur des Cévennes aux environs d'Alès (Gard).	279
M. Dreyfuss et M. Gottis. — Le bassin tertiaire de Saint-Martin-de-Londres et l'orogénèse de l'anticlinal du pic Saint-Loup (Hérault) (4 fig.)..	293
G. Arambourg. — Les Mammifères pléistocènes d'Afrique (1 carte).....	301
L. Dangeard. — Présence d'« Algal balls » dans le Bathonien de la Sarthe. Considérations sur les Girvanelles (2 fig.).....	211
G. Bouillet. — Observations sur les « limons » des environs de Bourges (4 fig.).....	315
B. Brajnikov. — Essai sur la tectonique de la région à l'E de Belo Horizonte, Minas Gerais, Brésil (8 fig.).....	321
G. Arambourg. — JEAN COTTREAU (1887-1945) (1 portrait).....	337
M. Gignoux. — FRÉDÉRIC ROMAN (1871-1943).....	343
M. Leriche. — LUCIEN CAYEUX (1864-1944) (1 portrait).....	349
M. Casteras. — L'œuvre scientifique d'ARTHUR BRESSON (1873-1946).....	379
J. Bourcart. — Considérations théoriques sur l'origine des terrasses fluviales.....	395
J.-P. Destombes et A. Vaysse. — Sur le Gothlandien de la vallée de la Pique (Haute-Garonne) (1 fig.).....	403
J. Fradin. — Application de méthodes graphiques à l'étude de l'espèce chez les <i>Ochetoceras</i> argoviens du Poitou (1 pl., 3 fig.).....	411
G. Dechaseaux. — Bandes siphonales, piliers et siphons des Rudistes.....	425
L. Feugueur. — Notes sur le Cuisien de la région de Gisors (Eure) (1 fig).	437
H. Alimen. — Présence de Foraminifères dans la Meulière de Beauce (3 fig.).....	445
M. Rech-Frollo. — Le Maestrichtien du domaine sous-pyrénéen à l'Est de Saint-Gaudens. Étude pétrographique (3 pl.).....	453
J. Roger et E. Buge. — L'association Cellépore-Gastropode dans les faluns de Touraine (1 pl.).....	461
J. Roux. — Observations sur les dépôts glaciaires dans le Massif Central (1 pl.).....	471
A. Cailleux. — Concrétions quartzeuses d'origine pédologique (1 pl.).....	475
J. Roger. — Résultats fournis par l'application des rayons X à la paléontologie (4 pl.).....	483
E. Lahn. — Relations entre tectonique et sismicité en Turquie (1 fig.)...	493
J. Dupouy-Gamet. — Observations sur la ride triasique de Bélus (Landes) (2 fig.).....	503
M^{me} de Cizancourt. — Quelques Nummulitides nouveaux ou non encore signalés de l'Éocène de Cuba (2 pl.).....	513
A. Carpentier. — Sur quelques Lépidodendrées du Namurien de la Basse-Loire (1 pl.).....	523

A. Robaux. — Les chevauchements de Mamirolle et de Gonsans (Doubs) (1 fig.).....	527
G. Corroy. — Hydrogéologie du Pertuis de Saint-Remy-en-Provence et ses abords (1 fig.).....	537
L. Feugueur. — Étude du Cuisien dans les Vexins français et normand (2 fig.).....	543
J. Tricart. — Méthode d'étude desterrasses (8 fig.).....	559
Rapport de la Commission de Comptabilité.....	577
Table du tome XVII.....	581

DATES DE PUBLICATION

des fascicules qui composent ce volume.

Fascicules 1-3 (Feuilles 1-14, pl. I-IX)	Février 1948.
— 4-6 (— 15-27, pl. X-XIII, 2 portraits)	Mai 1948.
— 7-9 (— 28-38, pl. XIV-XXVI)	Septembre 1948.

TABLE ALPHABÉTIQUE

DES MATIÈRES ET DES AUTEURS

du Bulletin et du Compte Rendu sommaire

des Séances de la Société Géologique de France

5^e série, tome XVII, année 1947

Les renvois aux pages du Bulletin sont en chiffres gras, les chiffres ordinaires maigres se rapportent aux pages du Compte Rendu sommaire.

A

- ABRARD (R.). Allocution, 4. — Obs. à la comm. de M. SOYER, 67. — Obs. à la comm. de MM. TRICART et CAILLEUX, 239. — Prés. d'ouvr., 301. — Obs. à la comm. de M. JODOT, 312. — Sur la présence d'un tuf quaternaire à Maule (Seine-et-Oise), 318. — Obs. à la comm. de M^{me} GUBLER, MM. CAS-TERAS, CIRY et LAMARE, 329.
- Afrique*. C. ARAMBOURG, 178, **301**.
- Afrique occidentale française*. R. FURON, 233. — G. CHOUBERT, 241.
- AGNESOTTI (A.). Prés. d'ouvr., 271.
- AIRAGHI (C.). Prés. d'ouvr., 271, 273.
- ALBERICI (E.). Prés. d'ouvr., 271.
- Algérie*. A. LAMBERT, 225. — P. MARIE et A. LAMBERT, 97.
- ALIMEN (H.). Présence de Foraminifères dans la Meulière de Beauce, 239, **445**. — Prés. d'ouvr., 247.
- Allocutions*. R. ABRARD, 4. — A. DE-MAY, 4, 195.
- Alpes*. A. CAILLEUX, 323. — F. ELLEN-BERGER, 312. — J. GOGUEL, 327. — P. LORY, 283. — N. OULIANOFF, 11, 39. — R. PERRIN et M. ROUBAULT, 13, 95, 252. — M. ROUBAULT et C. BORDET, 321. — H. SCHÖLLER, 123. — J. SORNAY, 245.
- Alsace*. G. DUBOIS, M^{me} C. DUBOIS et A. STIEBER, 292.
- Amérique*. E. AUBERT DE LA RÛE, 74, 305. — B. BRAJNIKOV, 184, **321**. — E. BRUET, 61, 131, 226, 307. — M^{me} de CIZANCOURT, 295, **513**.
- AMOROS PORTOLES (J. L.). Prés. d'ouvr., 351.
- ANDREW (G.), BARRON (T.), COLCHES-TER (C.). and others. Prés. d'ouvr., 271.
- ANDRUSOV (D.). Prés. d'ouvr., 192.
- ANTHOINE (R.). Prés. d'ouvr., 268.
- Aquitaine*. R. BALLAND, 157. — P. CA-NAL, 161. — J. CUVILLIER et J. DU-POUY-CAMET, 101, 141, 210, 228. — F. DAGUIN 109. — J. P. DESTOMBES et P. MARIE, 330. — J. KIKOINE, 230. — A. MAGNÉ, 125. — H. SCHÖLLER, 97.
- ARAMBOURG (C.). Sur le gisement d'*An-nancus Osiris*, 164. — Les Mammi-fères pléistocènes d'Afrique, 178, **301**. — Notice nécrologique de J. COT-TREAU, 209, **337**.
- ARCHAMBAULT (J.). Prés. d'ouvr., 268.
- Argiles*. F. M. BERGOUNIOUX, 167. — A. RIVIÈRE, 16. — H. SCHÖLLER, 97.
- ARKELL (W. J.). Prés. d'ouvr., 352.
- Asie*. J. FROMAGET, 22, **161**. — D. LAU-RENTIAUX, 92. — P. TEILHARD DE CHAR-DIN, 309.
- Asie mineure*. M. AVNIMELECH, 343. — L. DUBERTRET **3**, 34, 167. — V. STCHER-PINSKY, 209, **33**.
- ASSELBERGHS (E.). Prés. d'ouvr., 79.
- ASTRE (G.). Débris de Rudistes dans le Cénomanien d'un sondage de Saint-Marcet, 290. — Galets écrasés dans l'alluvion d'une terrasse inférieure de l'Aude, 345.

- AUBERT (D.). Prés. d'ouv., 268.
 AUBERT DE LA RÛE (E.). Fréquence des enclaves quartzieuses dans les basaltes récents des environs de Mexico (D. F.), Mexique, 74. — Les caractères de la série de Grenville dans la région de Mont-Laurier (Prov. de Québec), 305. — Prés. d'ouv., 319.
 AVNIMELECH (M.). L'extension en Palestine du Miocène côtier libanais, 343.

B

- BAILLY (A.). Voir G. CORROY, 30.
 BACKLUND (H. G.). Prés. d'ouv., 194.
 BALCH (H. E.). Prés. d'ouv., 270.
 BALLAND (R.). Un gisement pléistocène d'argile à plantes à Bruges (Gironde), 157.
 BARRABÉ (L.). Prés. d'ouv., 128, 351.
 BARRON (T.). Voir G. ANDREW, 271.
 BASSE (E.). Voir J. PFENDER, 136.
Bassin Parisien. R. ABRARD, 318. — H. ALIMEN, 239, 445. — A. CAILLEUX et L. FEUGUEUR, 217. — L. DANGEARD, 82, 162. — G. DENIZOT, 22. — F. ELLENBERGER, 109, 255. — L. FEUGUEUR, 92, 249; 243, 437; 350, 543. — G. GARDET, 90, 209. — B. DE JEKHOWSKY, 178. — P. MARIE, 220. — L. MORNOD, 260. — A. PAQUE, 82, 193. — A. PINARD, 117. — L. VISSE, 98.
Belgique. A. CAILLEUX, 323.
 BELLAIR (P.). Prés. d'ouv., 174. — La série stratigraphique du Djebel Bou Kahil (Atlas Saharien), 239.
 BELLEN (R. C. VAN). Sur l'âge de la faune de Bunde (Limbourg méridional, Pays-Bas), 122.
 BERGOUNIOUX (F. M.). Sur la genèse des argiles sidérolithiques, 167. — Prés. d'ouv., 194.
 BERNOULLI (W.). Nécrologie, 196.
 BERTRAND (L.). Nécrologie 81. — Prés. d'ouv., 172.
 BIEDA (Fr.). Prés. d'ouv., 237.
 BIGOT (A.). Prés. d'ouv., 194.
 BLANCHARD (J.). Prés. d'ouv., 237.
 BOISSE DE BLACK DU CHOUCHET (Y.). Prés. d'ouv., 192.
 BONTE (A.). Prés. d'ouv., 268.
 BONTE (A.), M. E. DENAEYER et J. GOGUEL. Les facteurs mécaniques dans la genèse de la structure « cone-in-cone », 182.
 BONTE (A.) et J. RICOUR. Note préliminaire sur la « Faille de Charlemont » à Givet, 295.
 BOUILLET (M^{me} G.). Observations sur les « limons des environs de Bourges », 182, 345.
Boulonnais. A. CAILLEUX, 323. — L. DANGEARD, 259.
 BORCHI (P.). Prés. d'ouv., 272.
 BOURCART (J.). Obs. à la comm. de M. LECOINTRE, 88. — Prés. d'ouv., 103. — Obs. à la comm. de M. BALLAND, 159. — Considérations théoriques des terrasses fluviales, 209, 395. — Prés. d'ouv., 215. — Obs. à la comm. de M. JODOT, 232. — La répartition des sédiments dans la zone néritique, 325. — Prés. d'ouv., 350.
 BOURCART (J.) et J. JACQUET. Prés. d'ouv., 104, 128, 149.
 BOURDIER (F.). Présentation d'un tableau de synchronisme du Quaternaire, 82. — Prés. d'ouv., 237, 269.
 BOUT (P.). Prés. d'ouv., 80, 238. — Voir A. RUDEL, 269.
 BOURQUIN (Ph.), H. SUTER et P. FALLOT. Prés. d'ouv., 147.
Brachiopodes. GRAHAM F. ELLIOTT, 22, 67.
 BRAJNIKOV (B.). Essai sur la tectonique de la région à l'E de Belo Horizonte Minas Gerais (Brésil), 184, 321.
 BREISTROFFER (M.). Prés. d'ouv., 248.
 BRESSON (A.). Notice nécrologique, 209, 379.
 BROUSSE (M.). Le Lias inférieur des Cévennes aux environs d'Alès (Gard), 143, 279.
 BRUET (E.). L'état actuel de nos connaissances géologiques sur le Haut-Amazone de l'Équateur, 61. — Glaciations pléistocènes sous l'Équateur, 131. — Obs. à la comm. de M. ROUYER, 135. — La géologie de l'Altiplano, sur le territoire de l'Équateur, 226. — Formation fossile de Ctépéite dans la Cordillère Orientale des Andes de l'Équateur, 307.
Bryozoaires. E. BUGÉ, 347. — J. ROGER, E. BUGÉ, 256, 461.
 BUGÉ (E.). Note préliminaire sur les Bryozoaires du Pliocène du Cap Bon (Tunisie), 347.
 BUJALSKI (D^r B.). Nécrologie, 3.

C

- CADISH (J.). Prés. d'ouv., 193.
 CAHEN (L.) et G. MORTELMANS. Prés. d'ouv., 172.
 CAILLÈRE (S.) et F. KRAUT. Sur le minerai de fer oolithique de Moulaine

- et sur la présence dans ce minéral d'un minéral phosphaté, 31, 97.
- CAILLEUX (A.). Cryoturbation quaternaire au Parc Saint-Maur (Seine), 64. — Voir TRICART (J.), 239. — Prés. d'ouvr., 247. — L'indice d'éroussé : définition et première application, 250. — Concrétions quartzeuses d'origine pédologique, 276, 475. — Caractères distinctifs des coulées de blocs liées au gel intense, 323. — Prés. d'ouvr., 351.
- CAILLEUX (A.) et L. FEUGUEUR. Présence d'*Halitherium Schinzi* dans le Stampien inférieur de Corneilles-en-Parris (Seine-et-Oise), 217.
- CAILLEUX (A.) et E. THELLIER. Prés. d'ouvr., 247, 351.
- CAILLEUX (A.) et J. TRICART. Prés. d'ouvr., 351.
- Cambrien. R. FURON, 233. — H. et G. TERMIER, 22, 61.
- CANAL (P.). Observations sur les caractères pétrographiques des calcaires dolomitiques et des dolomies, 161.
- Carbonifère. L. DANGEARD, 259. — J. DOUBINGER, 47. — D. LAURENTIAUX, 92. — G. MATHIEU, 340. — H. et G. TERMIER, 284.
- CARENDA RUIZ. Prés. d'ouvr., 32.
- CARPENTIER (A.). Prés. d'ouvr., 195. — Sur quelques Lepidodendrées du Namurien de la Basse-Loire, 338, 523.
- CARRINGTON DA COSTA (J.). Prés. d'ouvr., 104.
- CASIER (E.). Voir DARTEVELLE (D^r E.), 80.
- CASTANY (G.). Le Synclinal des Verrières (Jura) et la « collapse structurale », 22, 199.
- CASTANY (G.) et C. DOMERGUE. Le problème des chotts tunisiens, 166.
- CASTERAS (M.). Notice nécrologique de A. BRESSON, 209, 379. — Voir GUBLER (Y.), 329.
- CAYEUX (L.). Notice nécrologique, 209, 349.
- CECH (V.) et J. KOUTEK. Prés. d'ouvr., 237.
- CECIONI (G.). Prés. d'ouvr., 58.
- CELLI (L.). Prés. d'ouvr., 272.
- CERETTA (A.). Prés. d'ouvr., 272.
- CHARDONNET (J.). Prés. d'ouvr., 193.
- CHARRON (V.). Prés. d'ouvr., 193.
- CHATELET (C.). Nécrologie, 249.
- CHAVAN (A.). Sur les *Neritidae* du Calcaire Pisolithique, 42. — Prés. d'ouvr., 266.
- CHÉTELAT (E. DE). La genèse et l'évolution des gisements de nickel de la Nouvelle-Calédonie, 82, 105.
- CHICHERY (M.). Nécrologie, 197.
- CHIESA (C.). Prés. d'ouvr., 272.
- CHOUBERT (G.). La correspondance probable des séries précambriennes marocaines avec celles de l'A. O. F., 241. — Les conditions tectoniques de la mise en place des granites hercyniens du Maroc, 262. — Prés. d'ouvr., 268. — Voir ROBAUX (A.), 270. — Recherche d'une explication de la mise en place des granites hercyniens du Maroc, 285.
- CHOUBERT (G.), G. et H. TERMIER. Sur la stratigraphie de l'Ordovicien marocain, 335.
- CIRY (R.). Remerciements pour l'attribution du prix Fontannes, 209. — Voir GUBLER (Y.), 329.
- CIRY (R.) et G. MATHIEU. Sur la faune des calcaires dits à Bellerophons du Permien supérieur de l'extrême Sud tunisien, 189.
- CIZANCOURT (H. DE). Prés. d'ouvr., 269.
- CIZANCOURT (M^{me} DE). Quelques Nummulitides, nouveaux ou non encore signalés, de l'Éocène de Cuba, 295, 513.
- COLANI (M^{lle} M.). Nécrologie, 197.
- COLCHESTER (C.). Voir ANDREW (G.), 271.
- COLOM (G.). Prés. d'ouvr., 351.
- Cone-in-cone. A. BONTE, M. E. DENAEYER et J. GOGUEL, 182.
- Conularia. H. et G. TERMIER, 337.
- CORROY (G.). Hydrogéologie du Pertuis de Saint-Rémy-en-Provence et ses abords, 342, 537.
- CORROY (G.) et A. BAILLY. Les terminaisons du Pli de Concors, près Aix-en-Provence, 30.
- CORROY (G.) et E. STRETTA. Précisions tectoniques concernant le mont Aurélien et ses abords, à l'W. de Saint-Maximin (Var), 94.
- COTELO NEIVA (J. M.). Prés. d'ouvr., 193.
- COTTREAU (J.). Notice nécrologique, 209, 337.
- COUTIER (L.), J. BLANCHARD et E. VIGNARD. Prés. d'ouvr., 237.
- Crétacé. R. ARRARD, 67. — G. ASTRE, 290. — J. CUVILLIER et J. DUPOUY-CAMET, 101. — L. DANGEARD, 82. — J. P. DESTOMBES et P. MARIE, 331. — M. DREYFUSS, 222. — M. DREYFUSS et M. GOTTIS, 143, 293. — F. ELLENBERGER, 109, 255. — S. FABRE-TAXY, 54. — Y. GUBLER et D. SCHNEEGANS,

130, 151. — Y. GUBLER, M. CASTÉRAS, R. CIRY et P. LAMARE, 329. — J. KIKOINE, 230. — P. LAMARE, 276. — P. LORY, 283. — P. MARIE et A. LAMBERT, 97. — M. PELLETIER, 223. — A. PINARD, 117. — R. RAGUIN, 219. — M. RECH-FROLLO, 253, 453. — H. SCHOELLER, 123. — J. SORNAY, 115, 245. — R. SOYER, 66.

CRIVELLI (V.). Prés. d'ouvr., 272.

CROUZEL (F.). Sur la présence de hauts cailloutis situés entre le Plan au SE de Cazères et Eycheil au S de Saint-Girons, 78 (t. XVI, 515).

CRUSAFONT (M.). Voir VILLALTA (J. F. DE), 28, 256, 278, 315.

Cryoturbation. A. CAILLEUX, 64.

Clypéite. E. BRUET, 307.

Cuivre. J. FROMAGET, 22, 161.

CUVILLIER (J.) et J. DUPOUY-CAMET. Mouvements tectoniques antécénomaniens dans l'avant-pays pyrénéen en Aquitaine occidentale, 101 — Remaniements des Rosalines dans l'Éocène de l'Aquitaine occidentale, 141. — Phénomènes de remaniement dans le Tertiaire marin de l'Aquitaine occidentale. — I. Remaniement de microfaune, 210. — II. Banc de conglomérat et galets remaniés, 228.

D

DAGUIN (F.). Observations sur la partie supérieure de la coupe du Tuc de Saumon (Landes), 109. — Prés. d'ouvr., 149.

DAL PIAZ (G.). Prés. d'ouvr., 32, 149.

DAM (A. TEN). Prés. d'ouvr., 193.

DANGEARD (L.). Coupe géologique à travers la Forêt de Gouffern, près d'Argentan (Orne), 82. — Présence d'*Algal balls* dans le Bathonien de la Sarthe. Considérations sur les Girvanelles, 162, 241. — *Ortonella furcata* GARWOOD dans le Marbre Lunel, 259.

DARTEVELLE (D^r E.) et E. CASIER. Prés. d'ouvr., 80.

DECHASEAUX (C.). Bandes siphonales, piliers et siphons des Rudistes, 228, 425. — Le genre *Pachypteria* DE KONINCK : sa position systématique, 317.

DEGHAN (M.). Prés. d'ouvr. 269.

DEICHA (G.). Silicification de failles aux environs de Biot (Alpes-Maritimes), 11. — Obs. à la comm. de M. LUGEON, 15. — Roches et assemblages cristallins, 156, 217. — Prés. d'ouvr., 236, 266, 351.

DEMAÏ (A.). Allocution, 4. — Présentation d'une carte géologique des terrains précambriens et paléozoïques du Massif Central, 105. — Prés. d'ouvr., 126. — Sur l'orientation des poussées apparentes et du cheminement dans les arcs antéstéphaniques du Massif Central, entre l'arc des Cévennes méridionales et la zone morvano-roannaise, 159. — Allocution, 195.

DENAEYER (M. E.). Les embréchites de la Sierra de Rosas, 155. — Prés. d'ouvr., 174. — Voir BONTE (A.), 182.

DENIZOT (G.). Sur les conditions de dépôt des couches tertiaires du Bassin Parisien, 22. — Sur les conditions de dépôt de l'Oligocène en France, 46. — A propos des terrasses « siciliennes » et « milaziennes », 136.

DÉRIBÉRE (M.). Prés. d'ouvr., 32, 79.

DESIO (A.). Prés. d'ouvr., 272.

DESTOMBES (J. P.). Le Muschelkalk de Saint-Jean-Pied-de-Port (B.-P.), 213.

DESTOMBES (J. P.) et A. VAYSSE. Sur le Gothlandien de la vallée de la Pique (Haute-Garonne), 217, 403.

DESTOMBES (J.-P.) et P. MARIE. Résultats stratigraphiques d'un sondage à Peyrehorade (Landes), 330.

Dévonien. J. PÉNEAU, 265.

Diapirisme. J. DUPOUY-CAMET et J. SCHOEFLER, 49.

DINES. Prés. d'ouvr., 31.

Dolomie. P. CANAL, 161.

DOMERGUE (C.). Voir CASTANY (G.), 166.

DOUBINGER (J.). Observations sur le gisement carbonifère de Sansac (Aveyron), 47.

DRESCH (J.). Prés. d'ouvr., 271.

DREYFUSS (M.). Contribution à l'étude géologique et paléontologique de l'Ordovicien supérieur de la Montagne-Noire, 22. — A propos du Crétacé Nord-Pyrénéen, 222.

DREYFUSS (M.) et GOTTIS (M.). A propos des couches marines du bassin de Villeveyrac (Hérault), 143. — Le bassin tertiaire de Saint-Martin-de-Londres et l'orogénèse de l'anticlinal du Pic Saint-Loup (Hérault), 168, 293.

DROSODORFF. Prés. d'ouvr., 270.

DUBERTRET (L.). Problèmes de la géologie du Levant, 1. — Cartes en relief du Liban et de la Syrie, 34. — Sur la limite N du plateau syrien, 107.

DUBOIS (G.), M^{me} C. DUBOIS et A. STIEBER. Spectres polliniques d'une allu-

- vion de la Liepvrette près Sainte-Marie-aux-Mines, 292.
- DUBOIS (G.) et F. FIRTION. La basse terrasse rhénane badoise à Rastatt, 185. — La basse terrasse rhénane badoise en amont de Rastatt jusqu'en face de Strasbourg, 264.
- DUDLEY-STAMP (L.). Prés. d'ouvr., 80.
- DUNHAM. Prés. d'ouvr., 31.
- DUPOUY-CAMET (J.). Observations sur la ride triasique de Belus (Landes), 266, 503. Voir CUVILLIER (J.), 101, 141, 210, 228.
- DUPOUY-CAMET (J.) et SCHOEFFLER (J.). Age du diapirisme dans les accidents triasiques du département des Landes, 49.
- DURANTE (G.). Prés. d'ouvr., 273.

E

- EASTWOOD (T.). Prés. d'ouvr., 149.
- EGERAN (E. N.). Prés. d'ouvr., 266.
- Égypte*. C. ARAMBOURG, 164.
- ELLENBERGER (F.). Le problème de la craie durcie de Meudon, 109, 255. — Découverte de fossiles dans le Trias de la Vanoise, 312.
- ELLIOTT (G. F.). Distribution des Brachiopodes en espèces et ses causes, illustrée par les Térébratuliniidés de l'Éocène de l'Europe occidentale, 22, 67.
- ESME (A.). Prés. d'ouvr., 32.
- Espagne*. M. E. DENAEYER, 155. — J. F. DE VILLALTA et M. CRUSAFONT, 28, 256, 278, 315.
- Élain*. J. FROMAGET, 22, 161.

F

- FABRE-TAXY (S.). La faune du Turo-nien saumâtre de la Provence occidentale, 54.
- FAILLES. A. BONTE et J. RICOUR, 295. — G. CORROY et A. BAILLY, 30. — G. DEICHA, 11. — P. RUSSO, 18.
- FALLOT (P.). Obs. à la comm. de M. LUGÉON, 15. — Prés. d'ouvr., 127, 147, 174. — Rapport sur l'attribution du prix Fontannes à M. CIRY, 205. — Prés. d'ouvr., 351.
- FAURE-MURET (A.). Prés. d'ouvr., 174.
- FERREIRA (A. Bernardo). Prés. d'ouvr., 194.
- FEUGUEUR (L.). Le Lutétien dans le SE du Vexin, 92, 249. — Note sur le Cuisien de la région de Gisors (Eure),

- 243, 437. — Étude du Cuisien dans les Vexins français et normand, 350, 543.
- FEUGUEUR (L.). Voir CAILLEUX (A.), 217.
- FIRTION (F.). Voir DUBOIS (G.), 185, 264.
- FISCH (D^r W.). Prés. d'ouvr., 148.
- FLANDRIN (J.). Observations au sujet de deux notes de MM. P. MARIE et A. LAMBERT, 56. — Prés. d'ouvr., 270.
- FLORIDIA (G. B.). Prés. d'ouvr., 273.
- Flysch*. J. P. DESTOMBES et P. MARIE, 330. — Y. GUBLER, 332. — Y. GUBLER et D. SCHNEEGANS, 130, 151. — J. KIKOINE, 19.
- FORTI (A.). Prés. d'ouvr., 32.
- FRADIN (J.). Application de méthodes graphiques à l'étude de l'espèce chez les *Ochetoceras* argoviens du Poitou, 218, 441.
- FRANCIS-BŒUF (C.). Prés. d'ouvr., 215.
- FROMAGET (J.). Observations géologiques sur la région minéralisée en cuivre et étain située au SW du Trânnih (Laos), 22, 161.
- FURON (R.). Sur le Cambrien et l'Ordovicien marins de l'Ouest-africain 223. — Prés. d'ouvr., 320.

G

- GACHON (L.). Voir RUDEL (A.), 269.
- GANDILLOT (J.). Prés. d'ouvr., 59. — La photographie aérienne, 177.
- GARDET (G.). Les étapes du creusement de la vallée de la Gartempe (Vienne), 51. — Le Domérien des environs de Langres, 90, 209. — Prés. d'ouvr., 104. — Nouveaux points fossilifères du Bathonien et du Callovien de Saint-Savin (Vienne), 111. — Mio-Pliocène aux environs de Saint-Savin (Vienne), 169. — Sur quelques accidents stratigraphiques des environs de Saint-Savin (Vienne), 184.
- GAUTIER (M.) et A. GUILCHER. Contribution à l'étude du Pliocène breton, 40.
- GEORGE (P.). Prés. d'ouvr., 236.
- GEVIN (P.). Sur la découverte du genre de *Pachypteria* DE KONINCK dans le Paléozoïque du bord S du Synclinal de Tindouf, 243.
- GÈZE (B.). Sur le problème de l'existence du Permien dans les Cévennes méridionales, 293.
- GIGOUT (M.). Quaternaire du littoral atlantique du Maroc. I. Les falaises

- mortes entre Cap Cantin et Cap Blanc, 52. — II. Les dunes quaternaires du Sahel, 71. — Compléments sur le Pliocène des Doukkala et du Sahel (Mar. occ.), 88. — Sur le Miocène au SW de Casablanca (Mar. occ.) 140. — Sur le Paléozoïque de Mechra ben Abbou (Mar. occ.), 212.
- GILLARD (P.). Nécrologie, 60.
- GILLET (S.). Prés. d'ouvr., 79.
- GIGNOUX (M.). Notice nécrologique de F. ROMAN, 209, 343.
- GIOT (P. R.). Les migmatites de la Cornouaille occidentale (Finistère), 44. — Prés. d'ouvr., 59. — Les schistes cristallins de la Baie d'Audierne (Finistère). I. Les roches normales, 73. — II. Les roches basiques, 113. — Essai synthétique sur la géologie de la Cornouaille occidentale (Finistère), 140.
- GLANGEAUD (L.). Prés. d'ouvr., 148, 195, 301.
- Globotruncana*. Voir *Microfaune*.
- GOGUEL (J.). Prés. d'ouvr., 58. — Voir BONTE (A.), 182. — Obs. à la comm. de M. BOURCART, 327.
- GOTTIS (M.). Voir DREYFUSS (M.). 143, 168, 293.
- Granites*. E. AUBERT DE LA RÜE, 305. — G. CHOUBERT, 262, 285. — R. PERRIN et M. ROUBAULT, 131, 233; 252.
- GRAUVOGEL (L.). Contribution à l'étude du Grès à Voltzia, 35. — Note préliminaire sur la flore du Grès à Voltzia, 64. — Note préliminaire sur la faune du Grès à Voltzia, 90.
- GRUNAU (H.). Prés. d'ouvr., 268.
- GUAITANI (F.). Prés. d'ouvr., 273.
- GUBLER (Y.), M. CASTERAS, R. CIRY et P. LAMARE. Sur l'âge des poudingues dits de Mendibelza dans le bassin du Lauribar, au SE de Mendive (Basses-Pyrénées), 329. — Obs. à la comm. de MM. DESTOMBES et MARIE, 332.
- GUBLER (Y.) et D. SCHNEEGANS. Tectonique embryonnaire dans le domaine pyrénéen pendant les temps crétacés. 1. Crétacé inférieur, 130. — 2. Crétacé supérieur, 151.
- GUEIRARD (S.). Le Bassin d'effondrement de Carnoux-les-Barles, près d'Aubagne (Bouches-du-Rhône), 339.
- GUILLAUME (L.) et J. RICOUR. Note préliminaire sur le Trias de Provence, 38.
- GUILCHER (A.). Voir GAUTIER (M.), 40.

H

- Hard ground*. R. SOYER, 66.
- HERMANN (F.). Prés. d'ouvr., 32.
- HOTZ (W.). Prés. d'ouvr., 269.
- HUPÉ (P.). Sur l'âge des Migmatites dans les Pyrénées, 85.
- HÜRZELER (J.). Prés. d'ouvr., 268.
- Hydrogéologie*. G. CORROY, 342, 537.

I

- Illites*. A. RIVIÈRE, 16.
- Insectes*. L. GRAUVOGEL, 35, 90. — D. LAURENTIAUX, 92.

J

- JACOB (CH.). Prés. d'ouvr., 80.
- JACOB (H. CH.). Nécrologie, 249.
- JAGHER (A.). Prés. d'ouvr., 269.
- JAMOTTE (A.). Prés. d'ouvr., 173.
- JEKHOWSKY (B. DE). Prés. d'ouvr., 104. — Observations nouvelles sur l'anticlinal de Beynes (S.-et-O.), 178.
- JODOT (P.). Prés. d'ouvr., 80 — Observations à la note de J. BOURCART sur les calcaires lacustres du bassin de la Loire, 230. — Les formations stratigraphiques de la Brenne : âge du Calcaire lacustre de La Bussière (Vienne), 310. — Obs. à la Comm. de M. F. ELLENBERGER, 314. — L'âge des formations continentales nummulitiques de la Brenne, 327.
- JOLY (R. DE). Prés. d'ouvr., 270.
- Jura. G. CASTANY, 22, 199. — G. MAZENOT et M. LOCQUIN, 24. — M. PELLETIER, 223. — A. ROBAUX, 350, 527.
- Jurassique*. M. BROUSSE, 143, 279. — L. DANGEARD, 82, 162, 341. — G. GARDET, 90, 209, 111, 184. — P. MAUBEUGE, 162, 243. — R. MOUTERDE, 137.

K

- KARPOFF (R.). La bordure primaire de l'Adrar des Iforas (Sahara algérien et soudanais), 187.
- KIKOÏNE (J.). Les *Globotruncana* du Crétacé supérieur Nord-pyrénéen, 19. — Sur les *Heterohellicidae* du Crétacé supérieur d'Aquitaine, 230. — Mise au point sur la nomenclature de *Globorotalia Cushmani*, MORROW, 287.

- Klippes sédimentaires*. M. DREYFUSS, 222. — P. LAMARE, 276.
 KOUTEK (J.). Prés. d'ouvr., 237.
 KOZLOWSKI (R.). Prés. d'ouvr., 269.
 KRAUT (F.). Voir CAILLÈRE (S.), 31, 97.
 — Prés. d'ouvr., 238.
 KUTHAN (M.). Prés. d'ouvr., 193.

L

- LAFFITTE (R.). Sédimentation dans le Bas Sahara, 82, 213.
 LAHN (E.). Relations entre Tectonique et Séismicité en Turquie, 254, 493. — Prés. d'ouvr., 267.
 LAMARE (P.). A propos des « *klippes sédimentaires* » du Crétacé du massif de Mendibelza (B.-P.), 276. — Voir GUBLER (Y.), 329.
 LAMBERT (A.). Voir MARIE (P.), 97. — Sur l'existence de Trias salifère dans la Kabylie du Djurdjura, 225.
 LAPADU-HARGUES (P.). — Une grande région de faible résistance dans la partie médiane du Massif Central français, 11, 55.
 LAPPARENT (A. F. DE). Prés. d'ouvr., 149. — Voir JEKHOWSKY (B. DE), 178. — Les phases de plissement et les mouvements épirogéniques dans le Touat (Sahara algérien), 234.
 LAPPARENT (J. DE). Prés. d'ouvr., 58. — Sur la sérécité, 349.
 LAURENTIAUX (D.). Note préliminaire sur une faune d'Insectes de l'assise de Tongshan (Bassin houiller de Kaiping, Chine), 92. — Prés. d'ouvr., 301.
 LAVOCAT (R.) et A. F. DE LAPPARENT. Présence d'un Mammifère insectivore dans le Lutétien des Corbières (Aude), 180.
 LE CALVEZ (Y.). Prés. d'ouvr., 236.
 LECOINTRE (G.). Sur le Néogène des environs d'Agadir N'Irir (MarocSW), 86. — Prés. d'ouvr., 319.
 LEJAY (R.-P. P.). Prés. d'ouvr., 126.
 LELUBRE (M.). Prés. d'ouvr., 351.
 LEPERSONNE (J.). Prés. d'ouvr., 173.
 LEPORI (B.). Prés. d'ouvr., 273.
 LERICHE (M.). Notice nécrologique de L. CAYEUX, 209, 349.
 LETOURNEUR (J.). Prés. d'ouvr., 79.
Lignite. G. MAZENOT et M. LOCQUIN, 24.
 LOCQUIN (M.). Voir MAZENOT (G.), 24.
 LORY (P.). Sur le Crétacé supérieur des Gas de Châtillon (Diois NE) et

- ses rapports avec celui du Bochain, 283.
 LOSSER (P.). A propos de mâchoires de Céphalopodes fossiles dites « en bec de perroquet », 280.
 LOUIS (J.). Prés. d'ouvr., 237, 352.
 LUCIUS (M.). Prés. d'ouvr., 150, 195.
 LUGEON (M.). Prés. d'ouvr., 351.
 LYS (M.) et J. SIGAL. Présentation de deux fichiers micropaléontologiques : ALCIDE D'ORBIGNY et HENRI DOUVILLÉ, 153. — Prés. d'ouvr., 270.

M

- MACAR (P.). Prés. d'ouvr., 79.
Madagascar. J. PFENDER et E. BASSE, 136, 275.
 MADSEN (V.). Nécrologie, 249.
 MAGNANI (M.). Prés. d'ouvr., 273.
 MAGNE (A.). Sur l'âge des formations supérieures du Calcaire à Astéries de la Souys, commune de Floirac (Gironde), 125.
 MALANCHINI (L.) et ROSSI (C.). Prés. d'ouvr., 274.
 MALATESTA (A.). Prés. d'ouvr., 59.
 MARCACCI (G.). Prés. d'ouvr., 271.
 MARGERIE (EMM. DE). Prés. d'ouvr., 147.
 MARIE (P.). Sur l'âge montien du Calcaire de Bunde (Limbourg hollandais), 145. — A propos du soi-disant faciès d'altération du Calcaire pisolitique de la Région parisienne, 220. — Voir DESTOMBES (J.-P.), 330. — Sur quelques *Rosalinella* du sondage de Peyrehorade, 333.
 MARIE (P.) et A. LAMBERT. Au sujet d'une note de J. FLANDRIN concernant nos travaux sur le Sénonien du Nord constantinois, 97.
 MARLIÈRE (R.). Prés. d'ouvr., 58.
Maroc. G. CHOUBERT, 241, 262, 285. — G. CHOUBERT, H. et G. TERMIER, 335. — M. GIGOUT, 52, 71, 88, 140, 212. — G. LECOINTRE, 86. — H. et G. TERMIER, 22, 61; 254, 284. — L. VISSE, 120, 350.
Massif armoricain. A. CAILLEUX, 323. — A. CARPENTIER, 338, 523. — M. GAUTIER et A. GUILCHER, 40. — P. R. GIOT, 44, 73, 113, 140. — R. PERRIN et M. ROUBAULT, 131, 233.
Massif Central. M. BROUSSE, 143, 279. — A. CAILLEUX, 323. — A. DEMAY, 105, 159. — J. DOUBINGER, 47. — M. DREYFUSS, 22. — B. GÈZE, 293. — P.

LAPADU-HARGUES, 11, 55. — J. ROUX, 265, 471. — P. RUSSO, 18. — H. TEISSIER DU CROS, 76.

MATHIEU (G.). Voir Ciry (R.), 189. — Prés. d'ouvr., 270. — Coupe géologique du Stéphaniens au sondage n° 7 de Foideterre dans la concession de Saint-Germain (Haute-Saône), 340.

MAUBEUGE (P.). Sur les Cératites du Muschelkalk lorrain (Moselle, Meurthe et Moselle, Vosges), 162. — Sur les « calcaires siliceux » du Bajocien moyen du synclinal de l'Orne (Lorraine), 243. — Prés. d'ouvr., 247.

MAURONER (A.). Prés. d'ouvr., 271.

MAZENOT (G.). et M. LOQUIN. Spores et cellules caractéristiques de Cryptogames vasculaires et de Champignons dans le lignite plaisancien du Bassin de Chaumergy, 24.

MAZZOCA (M.). Prés. d'ouvr., 274.

Méditerranée. P. Russo, 44, 81.

Métamorphisme. A. DEMAY, 105. — M. E. DENAEYER, 135. — P. FALLOT, 16. — P. R. GIOT, 44, 73, 113. — P. HUPÉ, 85. — J. de LAPPARENT, 349. — A. MICHEL-LÉVY et J. WYART, 226. — R. PERRIN et M. ROUBAULT, 13, 252.

Météorites. J. TRICART et A. CAILLEUX, 239.

MEUNIER (W.). Nécrologie, 129.

MICHEL-LÉVY (A.) et J. WYART. Reproduction artificielle de minéraux silicatés à haute pression. Métamorphisme artificiel des roches, 226.

Microfaunes. R. ABRARD, 330. — H. ALIMEN, 239, 445. — R. Ciry et G. MATHIEU, 189. — M^{me} de CIZANCOURT, 295, 513. — J. CUVILLIER et J. DUPOUY-CAMET, 101, 141, 210. — F. DAGUIN, 109. — J. P. DESTOMBES et P. MARIE, 330. — J. DUPOUY-CAMET et J. SCHOEFLER, 49. — J. FLANDRIN, 56. — Y. GUBLER, 333. — J. KIKOINE, 19, 230, 287. — M. LYS et J. SIGAL, 153. — P. MARIE, 145, 220, 333. — P. MARIE et A. LAMBERT, 97. — R. C. VAN BELLEN, 122. — L. VISSE, 99, 170.

Migmatites. E. AUBERT DE LA RUE, 305. — M. E. DENAEYER, 135. — P. R. GIOT, 44. — P. HUPÉ, 85.

Minéralogie. F.-M. BERGOUNIOUX, 167. — E. BRUET, 307. — S. CAILLÈRE et F. KRAUT, 31, 97. — A. CAILLEUX, 276, 475. — P. CANAL, 161. — E. de CHÉTELAT, 82, 105. — G. DEICHA, 11, 156, 217. — J. FROMAGET, 22, 161. — J.-F. de LAPPARENT, 349. — A. MICHEL-LÉVY et

J. WYART, 226. — J. TRICART et A. CAILLEUX, 239.

Mollusques. A. CHAVAN, 42. — C. DECHA-SEAUX, 317. — J. FRADIN, 218, 411. — P. GEVIN, 243. — P. LOSSEL, 280. — J. ROGER, 120, 225. — J. ROGER et E. BUGÉ, 256, 461. — H. et G. TERMIER, 337.

MONTPELLIER (A. de). Prés. d'ouvr., 173.

MORET (L.). Prés. d'ouvr., 246.

MORNOD (L.). Présence de dépôts marins antérieurs à la transgression flandrienne dans la vallée de l'Orne à Caen, 260.

MORTELMANS (G.). Voir CAHEN (L.), 172.

MOUTERDE (R.). Le lias moyen de San Pedro de Muel (Portugal), 137.

N

Nécrologie. W. BERNOULLI, 196. — L. BERTRAND, 81. — A. BRESSON, 197, 209, 379. — B. BUJALSKI, 3, 196. — L. CAYEUX, 209, 349. — C. CHATELET, 249. — M. CHICHÉRY, 197. — M. COLANI, 197. — J. COTTREAU, 209, 337. — P. GILLARD, 60. — H. CH.-JACOB, 249. — V. MADSEN, 249. — W. MEUNIER, 129. — P. NICOU, 129. — C. PUSSENOT, 3, 197. — F. ROMAN, 209, 343. — R.-A. SANTILLAN, 105, 196. — J.-H. SINCLAIR, 196. — J.-VOITESTI, 196.

Nickel. E. de CHÉTELAT, 82, 105.

NICOU (P.). Nécrologie, 129.

NOROANG (A.). Prés. d'ouvr., 320.

Nouvelle-Calédonie. E. de CHÉTELAT, 82, 105.

O

OBERMULLER (A.). et M. ROQUES. Prés. d'ouvr., 128.

OBRUCHEV (V. A.). Prés. d'ouvr., 193.

OLIVEIRA MACHADO e COSTA (A. A.). Prés. d'ouvr., 238, 269.

Oolithes. S. CAILLÈRE et F. KRAUT, 31, 97.

Ordovicien. G. CHOUBERT, H. et G. TERMIER, 325. — M. DREYFUSS, 22. — R. FURON, 233. — H. et G. TERMIER, 254.

O'REILLY STERNBERG (H.). Prés. d'ouvr., 193.

OULIANOFF (N.). Infrastructure des Alpes et tremblement de terre du 25 janvier 1946, 11, 39. — Obs. à la comm. de M. LUGEON, 15.

P

- PAGNI (A.). Prés. d'ouvr., 274.
Paléobotanique. R. BALLAND, 157. — L. DANGEARD, 162, **341**. — L. GRAUVOGEL, 35, 64. — G. MAZENOT et M. LOCQUIN, 24. — H. et G. TERMIER, 284.
Paléozoïque. C. CHOUBERT, H. et G. TERMIER, 335. — R. CIRY et G. MATHIEU, 189. — L. DANGEARD, 259. — C. DECHASSEAUX, 317. — A. DEMAY, 105. — J.-P. DESTOMBES et A. VAYSSE, 217, **402**. — J. DOUBINGER, 47. — M. DREYFUSS, 22. — R. FURON, 233. — P. GEVIN, 243. — B. GÈZE, 293. — M. GIGOUT, 212. — P. HUPÉ, 85. — R. KARPOFF, 187. — D. LAURENTIAUX, 92. — G. MATHIEU, 340. — J. PÉNEAU, 265. — H. TEISSIER DU CROS, 76. — H. et G. TERMIER, 22, 254, 284.
Palygorskites. A. RIVIÈRE, 16.
 PAQUE (A.). Faune des alluvions anciennes de l'Ornain et de l'Ante, 82, **193**.
 PARODI (A.). Prés. d'ouvr., 274.
 PASTORA CHOROT (J. L.). Prés. d'ouvr., 194.
Pays-Bas. R.-C. VAN BELLEN, 122. — P. MARIE, 145.
Pédologie. A. CAILLEUX, 276, **475**.
 PELLETIER (M.). Découverte d'une faunule albiennaise pyriteuse à Ravilloles, près de Saint-Claude (Jura), 223.
 PÉNEAU (J.). Sur le Dévonien des environs de Sablé (Sarthe), 265. — Prés. d'ouvr., 270.
Permien. R. CIRY et G. MATHIEU, 189. — H. TEISSIER DU CROS, 76.
 PERRIN (R.) et M. ROUBAULT. A propos de la communication de M. LUGEON : « A propos du prétendu métamorphisme du Trias alpin », 13. — A propos de l'intervention de M. P. FALLLOT, 95. — Relations des granites, granulites et roches amphiboliques de la côte de Benodet, 131, **233**. — Sur l'âge alpin de noyaux des nappes pennines, 252.
 PFENDER (J.) et E. BASSE. *Elia n e l l a* nov. gen. *elegans* n. sp., organisme constructeur de calcaires typiquement développés dans le Paléocène du SW malgache, 136, **275**.
Photographie aérienne. J. GANDILLOT, 177.
 PINARD (A.). Marnes de Meudon et tubulures de la Craie à Meulan et à Issou, 117.
 PIVETEAU (J.). Rapport sur l'attribution

du prix Gaudry à M. G. G. SIMPSON, 201.

- Poitou*. G. GARDET, 51, 111, 169, 184. — P. JODOT, 310, 327.
 POLDINI (E.). Prés. d'ouvr., 270.
Portugal. R. MOUTERDE, 137.
Précambrien. E. AUBERT DE LA RÛE, 305. — G. CHOUBERT, 241. — A. DEMAY, 105.
Prix Fontannes. P. FALLLOT, 205. — R. CIRY, 209.
Prix Gaudry. J. PIVETEAU, 201.
Provence. G. CORROY, 342, **537**. — G. CORROY et A. BAILLY, 30. — G. CORROY et E. STRETTA, 94. — G. DEICHA, 11. — S. FABRE-TAXY, 54. — S. GUIBARD, 339. — L. GUILLAUME et J. RICOUR, 38.
 PRUDANT (J.). Voir VIRET (J.), 26.
 PUSSENOT (Com^t). Nécrologie, 3, **497**.
Pyrénées. G. ASTRE, 290. — M. CASTÉRAS, 209, **379** (notice sur A. BRESSON). — F. CROUZEL, 78, (t. XVI, **515**). — J.-P. DESTOMBES, 213. — J.-P. DESTOMBES et A. VAYSSE, 217, **403**. — M. DREYFUSS, 222. — Y. GUBLER et D. SCHNEEGANS, 130, 151. — Y. GUBLER, M. CASTÉRAS, R. CIRY et P. LAMARE, 329. — P. HUPÉ, 85. — J. KIKOINE, 19. — P. LAMARE, 276. — E. RAGUIN, 219. — M. RECH-FROLLO, 243, **453**.

Q

- Quaternaire*. R. ABRARD, 318. — C. ARAMBOURG, 164, 178, **301**. — G. ASTRE, 345. — R. BALLAND, 157. — G. BOUILLET, 182, **315**. — J. BOURCART, 209, **395**, 325. — F. BOURDIER, 82. — E. BRUET, 61, 131. — A. CAILLEUX, 64, 323. — F. CROUZEL, 78 (t. XVI, **515**). — G. DENIZOT, 136. — G. DUBOIS, M^{me} C. DUBOIS et A. STIEBER, 292. — G. DUBOIS et F. FIRTON, 185, 264. — G. GARDET, 51. — M. GIGOUT, 52, 71. — L. MORNOD, 260. — A. PAQUE, 82, **193**. — J. ROUX, 265, **471**. — C. ROUYER, 133. — P. RUSSO, 191. — J. TRICART, 68, 250.

R

- RAGUIN (E.). Prés. d'ouvr., 78. — Sur le Cénomanien de la zone primaire axiale pyrénéenne dans le Couserans, 219.
 RASSAN (C.). Prés. d'ouvr., 192.
Rayons X. J. ROGER, 278, **483**.

- RECH-FROLLO (M.). Le Maestrichien du domaine sous-pyrénéen à l'E de Saint-Gaudens, 243, 453.
- RENIER (A.). Prés. d'ouvr., 238.
- RICOUR (J.). Voir GUILLAUME (L.), 38. — Voir BONTE (A.), 295.
- RIVIÈRE (A.). Sur la réfractairité des argiles et l'interprétation du phénomène Caillère-Hénin, 16.
- ROBAUX (A.). Les chevauchements de Mamirrolle et de Gonsans (Doubs), 350, 527. — Prés. d'ouvr., 270.
- ROBERT (M.). Prés. d'ouvr., 79.
- ROBERTS (A.). Prés. d'ouvr., 270.
- ROGER (J.). Découverte d'une coquille de Sépia (S. cf. *vindobonensis* SCHLOENBACH) dans le Vindobonien supérieur de Saubrigues (Landes) et histoire paléontologique des *Sepiidae*, 120, 225. — Résultats fournis par l'application des rayons X à la Paléontologie, 278, 483. — Où en est le Centre d'études et de documentation paléontologiques ?, 296.
- ROGER (J.) et E. BUGE. L'association Cellopore-Gastéropode dans les faluns de la Touraine, 256, 461.
- ROMAN (F.). Notice nécrologique, 209, 343.
- ROMANOVSKY (V.). Prés. d'ouvr., 215, 270.
- ROMARIZ (C.). Prés. d'ouvr., 194.
- ROQUES (M.). Voir OBERMULLER (A.), 128.
- ROSIER (G.). Prés. d'ouvr., 150.
- ROSSI (C.). Prés. d'ouvr., 274.
- ROTHÉ (J.-P.). Prés. d'ouvr., 269, 320.
- ROUBAULT (M.). Voir PERRIN (R.), 13, 94, 131, 233. — L'organisation de l'enseignement et des recherches géologiques aux E. U., 182. — Voir PERRIN (R.), 252.
- ROUBAUX (M.) et C. BORDET. Sur l'existence d'une minéralisation postriassique à Roselend (Savoie), 321.
- ROUX (J.). Observations sur les dépôts glaciaires dans le Massif Central, 265, 471.
- ROUYER (C.). Actions périglaciaires sur les calcaires jurassiques de Bourgogne, 133.
- RUDEL (A.), L. GACHON et P. BOUT. Prés. d'ouvr., 269.
- Rudistes. G. ASTRE, 290. — C. DESCHASSEAUX, 228, 425.
- RUIZ DE GAONA (M.). Prés. d'ouvr., 351.
- RUSSO (P.). Analyses tectoniques au sujet de l'affaissement de Saint-Bonnet-de-Joux (Saône-et-Loire), 18. — Contribution à l'étude tectonique de la Méditerranée occidentale, 44, 81. — Terrasses alluviales dans le Bassin du Rhône (au sujet d'une note de M. TRICART), 191.
- Sahara. P. BELLAIR, 239. — P. GEVIN, 243. — R. KARPOFF, 187. — R. LAFITTE, 82, 243. — A.-F. DE LAPPARENT, 234.
- SAID (R.). Voir SHUKRI (N. M.), 59.
- SALLÈS (A.). Prés. d'ouvr., 194.
- SAN MIGUEL DE LA CAMARA (M.). Prés. d'ouvr., 351.
- SANTILLAN (R. A.). Nécrologie, 105.
- SAURIN (E.). Prés. d'ouvr., 247.
- SCHAUB (S.). Prés. d'ouvr., 269.
- SCHNEEGANS (D.). Voir GUBLER (Y.), 130, 151. — Prés. d'ouvr., 351.
- SCHOEFFLER (J.). Voir DUPOUY-CAMET (J.), 47.
- SCHÖLLER (H.). Sur la formation des argiles du Sédolithique du Lot et du Lot-et-Garonne, 97. — Sur la présence du Crétacé supérieur dans la zone des conglomérats de Tarentaise, au N de l'Isère, 123.
- Sédimentation. G. ASTRE, 345. — G. BOUILLET, 182, 345. — J. BURCART, 232, 325. — A. CAILLEUX, 250. — G. DENIZOT, 46. — M. GAUTIER et A. GUILCHER, 40. — L. GRAUVOGEL, 35. — P. JODOT, 230. — R. LAFFITTE, 82, 243. — J. TRICART, 68. — L. VISSE, 120, 170.
- Séismologie. E. LAHN, 254, 493. — N. OULIANOFF, 11, 39.
- SHUKRI (N. M.). et R. SAID. Prés. d'ouvr., 59.
- SIGAL (J.). Prés. d'ouvr., 79. — Voir LYS (M.), 153, 270.
- SMITH FLETT (J.). Prés. d'ouvr., 193.
- SORNAY (J.). Remarques sur le Crétacé supérieur dans le S de l'Ardèche, 115. — Sur le Crétacé supérieur de la région de Châtillon-en-Diois et de la forêt de Saou: remarques sur la phase tectonique anté-sénonienne, 245.
- SOYER (R.). Sur la craie tubuleuse et les dépôts montiens, 66. — Prés. d'ouvr., 320.
- STCHEPINSKY (V.). Sur la limite septentrionale du Plateau syrien, 209, 33.
- STEEERS (J. A.). Prés. d'ouvr., 58.
- STEFANI (T. DE). Prés. d'ouvr., 270.

STIEBER (A.). Voir DUBOIS (G.), 292.
STRETTA (E.). Voir CORROY (G.), 94.
SUTER (H.). Voir BOURQUIN (Ph.), 147.
SWINNERTON (H. H.). Prés. d'ouvr., 270.

T

TAMANI (E.). Prés. d'ouvr., 271.
Tectonique. A. BONTE et J. RICOUR, 295. — B. BRAJNIKOV, 184, 321. — E. BRUET, 61. — G. CASTANY, 22, 499. — G. CASTANY et C. DOMERGUE, 166. — G. CORROY et A. BAILLY, 30. — G. CORROY et E. STRETTA, 94. — G. CHOUBERT, 241, 262, 285. — J. CUVILLIER et J. DUPOUY-CAMET, 101. — L. DANGEARD, 82. — G. DEICHA, 11. — A. DEMAY, 105, 159. — L. DUBERTRET, 34. — J. DUPOUY-CAMET, 266, 503. — J. DUPOUY-CAMET et J. SCHOEFLER, 49. — M. DREYFUSS et M. GOTTIS, 168, 293. — Y. GUBLER et D. SCHNEEGANS, 130, 151. — S. GUEIRARD, 339. — B. DE JEKHOVSKY, 178. — E. LAHN, 254, 493. — P. LAPADU-HARGUES, 11, 55. — A.-F. DE LAPPARENT, 234. — P. LORY, 283. — N. OULIANOFF, 11, 39. — R. PERRIN et M. ROUBAULT, 13. — A. ROBAUX, 350. — M. ROUBAULT et C. BORDET, 321. — P. RUSSO, 18, 44, 81. — J. SORNAY, 245
TEILHARD DE CHARDIN (P.). Prés. d'ouvr., 31. — Sur une mandibule de *Megathropus*, 309.
TEISSIER DU CROS (H.). Présence du Permien sur la bordure SE des Cévennes, 76.
TEIXEIRA (C.). Prés. d'ouvr., 194, 238, 247.
TERMIER (H. et G.). Un organisme récifal du Cambrien marocain : *Anzalia cerebriiformis* nov. gen., nov. sp., 22, 61. — Les principaux niveaux paléontologiques de l'Ordovicien marocain, 254. — Découverte de Psilophytinées dans l'Eifélien du Maroc Central, 284. — Voir CHOUBERT (G.), 335. — Affinités du genre *Conularia*, 337.
Terrasses. G. ASTRE, 345. J. BOURCART, 209, 395. — G. DENIZOT, 136. — G. DUBOIS et F. FIRTION, 185, 264. — P. RUSSO, 191. — J. TRICART, 68, 250.
Tertiaire. M. AVNIMELECH, 343. — E. BUGE, 347. — A. CAILLEUX et L. FEUGUEUR, 217. — A. CHAVAN, 42. — M^{me} DE CIZANCOURT, 296, 513. — J. Cu-

villier et J. DUPOUY-CAMET, 141, 210, 228. — F. DAGUIN, 109. — G. DENIZOT, 22, 46. — M. DREYFUSS et M. GOTTIS, 168, 293. — G.-F. ELLIOTT, 22, 67. — L. FEUGUEUR, 92, 249; 243, 437; 350, 543. — J. FLANDRIN, 56. — G. GARDET, 169. — M. GAUTIER et A. GUILCHER, 40. — M. GIGOUT, 88, 140. — P. JODOT, 230, 310, 327. — R. LAVOCAT et A.-F. DE LAPPARENT, 180. — G. LECOINTRE, 86. — A. MAGNE, 125. — P. MARIE, 145. — J. PFENDER et E. BASSE, 136, 275. — J. ROGER, 120, 225. — R. SOYER, 66. — R. C. VAN BELLEN, 122. — L. VISSE, 98.

THADÉU (D.). Prés. d'ouvr., 269.

THELLIER (E.). Voir CAILLEUX (A.), 247, 351.

THORAL (M.). Prés. d'ouvr., 270.

Trias. J. P. DESTOMBES, 213. — J. DUPOUY-CAMET, 266, 503. — J. DUPOUY-CAMET et J. SCHOEFLER, 49. — F. ELLENBERGER, 312. — J. GOGUEL, 327. — L. GUILLAUME et J. RICOUR, 38. — L. GRAUVOGEL, 35, 64, 90. — A. LAMBERT, 255. — P. MAUBEUGE, 162. — R. PERRIN et M. ROUBAULT, 13. — M. ROUBAULT et C. BORDET, 321.

TRICART (J.). Premiers résultats d'une étude synchronique des Terrasses du Bassin de la Seine, 68. — A propos de l'étude des Terrasses, 250, 559. — Voir CAILLEUX (A.), 351.

TRICART (J.) et CAILLEUX (A.). Un fer météorique stampien à Cormeilles (Seine-et-Oise), 239.

Tunisie. E. BUGE, 374. — G. CASTANY et Ch. DOMERGUE, 166. — R. CIRY et G. MATHIEU, 189.

Turquie. E. LAHN, 254, 493. — V. STCHÉPINSKY, 209, 33.

V

VATAN (A.). Remarques sur la silicification, 99. — Prés. d'ouvr., 237, 247.

VAYSSE (A.). Voir DESTOMBES (J.-P.), 217, 403.

VAUCOULEURS (G. DE). Prés. d'ouvr., 58.

VECCHIA (O.). Prés. d'ouvr., 274.

VENZO (S.) et F. GUAITANI. Prés. d'ouvr., 274.

Vertébrés. C. ARAMBOURG, 164, 178, 304. — A. CAILLEUX et L. FEUGUEUR, 217. — R. LAVOCAT et A. F. DE LAPPARENT, 180. — J.-F. DE VILLALTA et M. CRUSAFONT, 28, 256, 278, 315. —

P. TEILHARD DE CHARDIN, 309. —
 J. VIRET et J. PRUDANT, 26.
 VIGNARD (E.). Prés. d'ouvr., 236.
 VILLALTA (J. F. DE) et M. CRUSAFONT.
 Les gisements de Mammifères du
 Néogène espagnol, 28, 256, 278, 315.
 VIRET (J.). Prés. d'ouvr., 269, 270.
 VIRET (J.) et J. PRUDANT. Observations
 sur quelques caractères anatomiques
 des Dacrythéridés, 26.
 VISSE (L.). Le calcaire cuisien d'Ami-
 gny-Rouy (Aisne), 98. — Contribu-
 tion à l'étude des phosphates calca-
 ro-argileux et argileux de l'Afrique
 du Nord, 120 — Note préliminaire à
 l'étude des Radiolaires des phos-
 phates nord-africains, 170. — Con-

tribution à l'étude pétrographique
 des phosphates marocains, 350.
 VLECK ANDERSON (R. VAN). Prés.
 d'ouvr., 269.
 Vosges. L. GRAUVOGEL, 35, 64, 90.
 VUAGNAT (M.). Prés. d'ouvr., 192.

W

WATERLOT (G.). Prés. d'ouvr., 104, 352.
 WYART (J.). Voir MICHEL-LÉVY (A.),
 226.

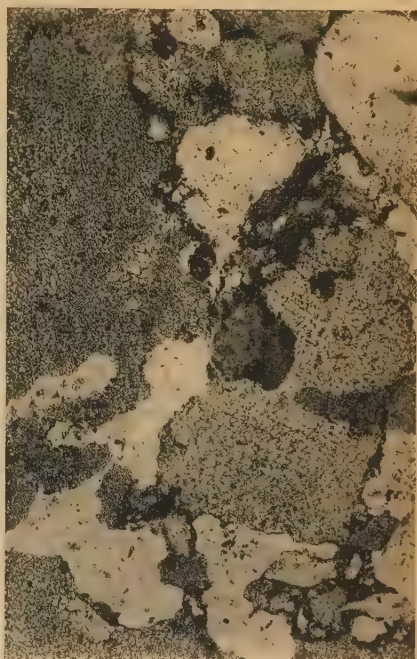
Z

ZAHALKA (B.). Prés. d'ouvr., 270.
 ZBYZEWSKI (G.). Prés. d'ouvr., 238.

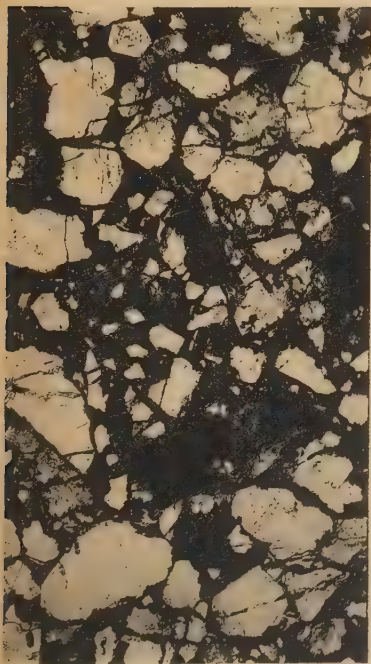
La gérante de la Soc. Géol. : M^{me} HAUMONT.



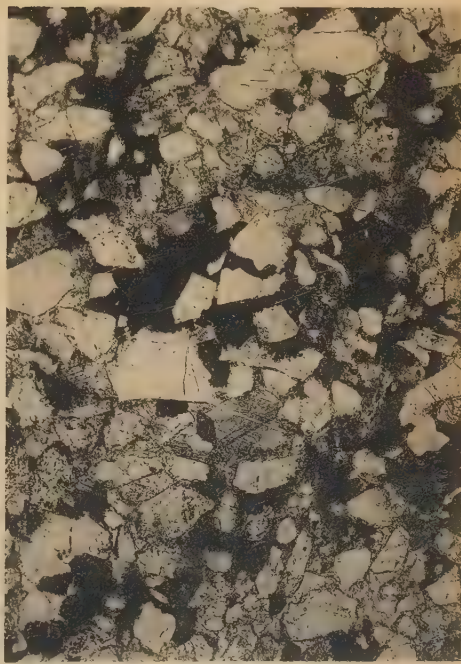
1



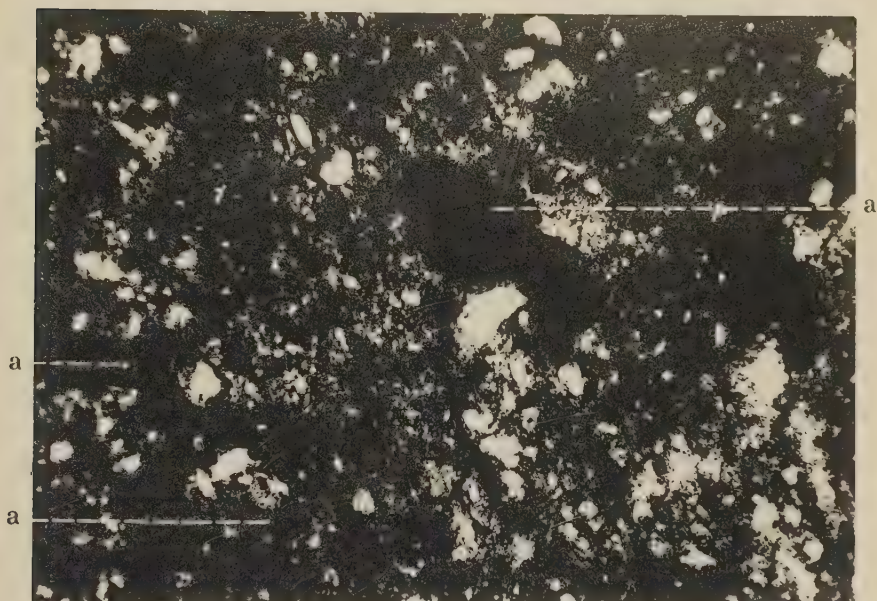
2



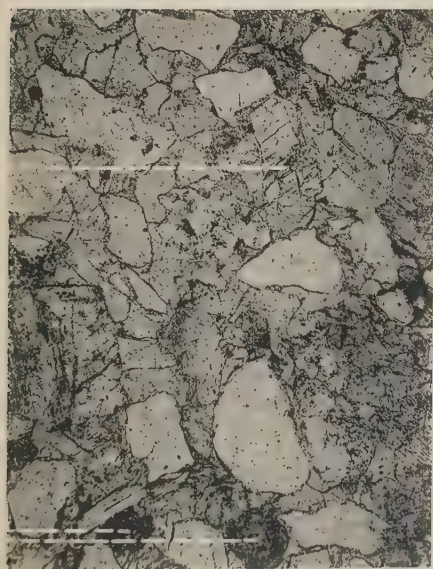
3



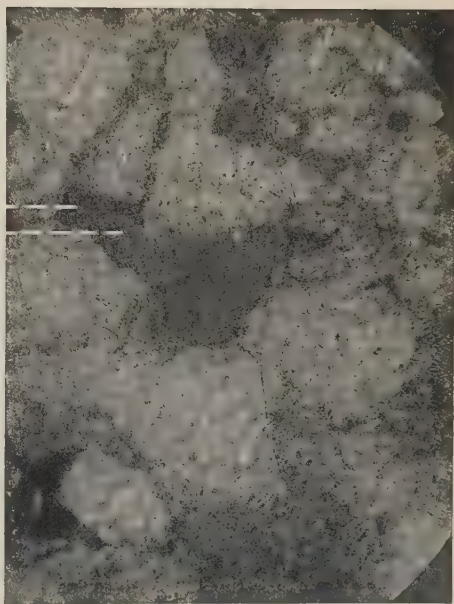
4



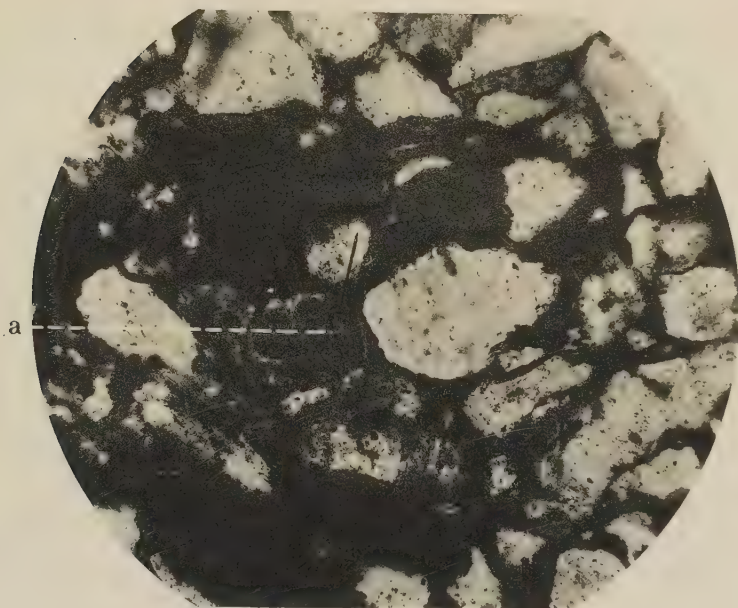
1



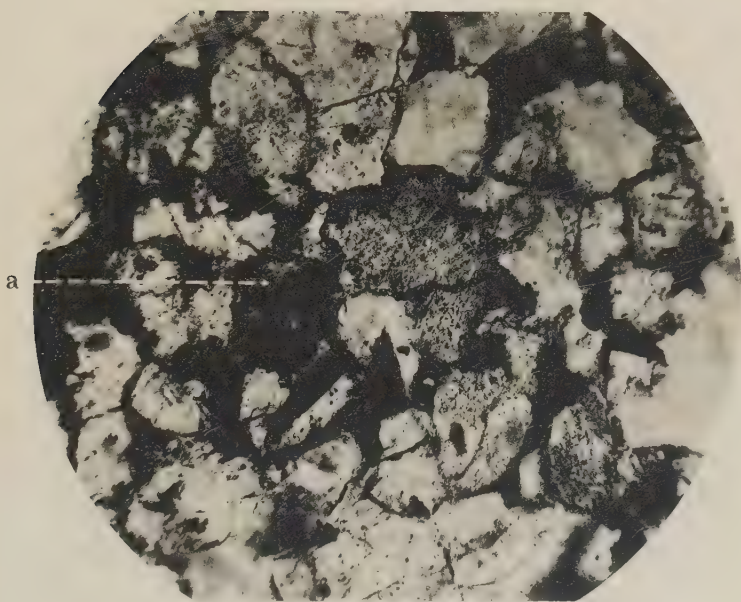
2



3



1



2





1



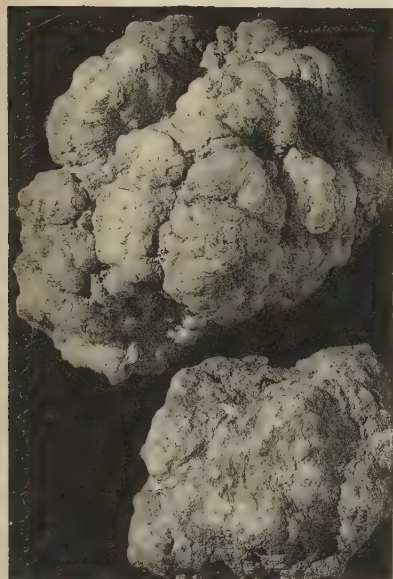
2



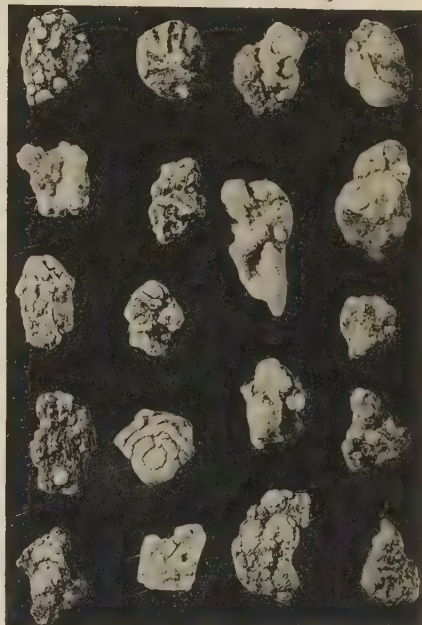
1

2

3



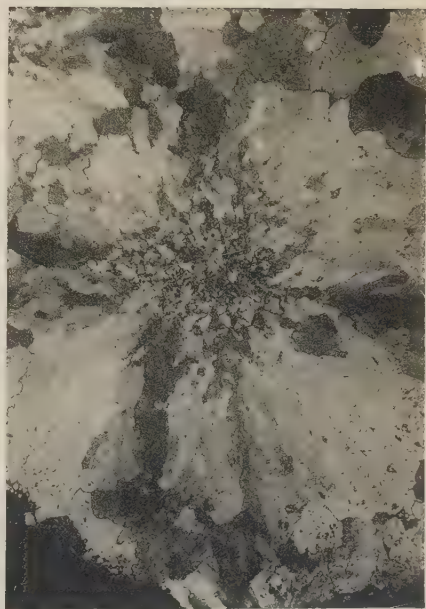
4



5



6

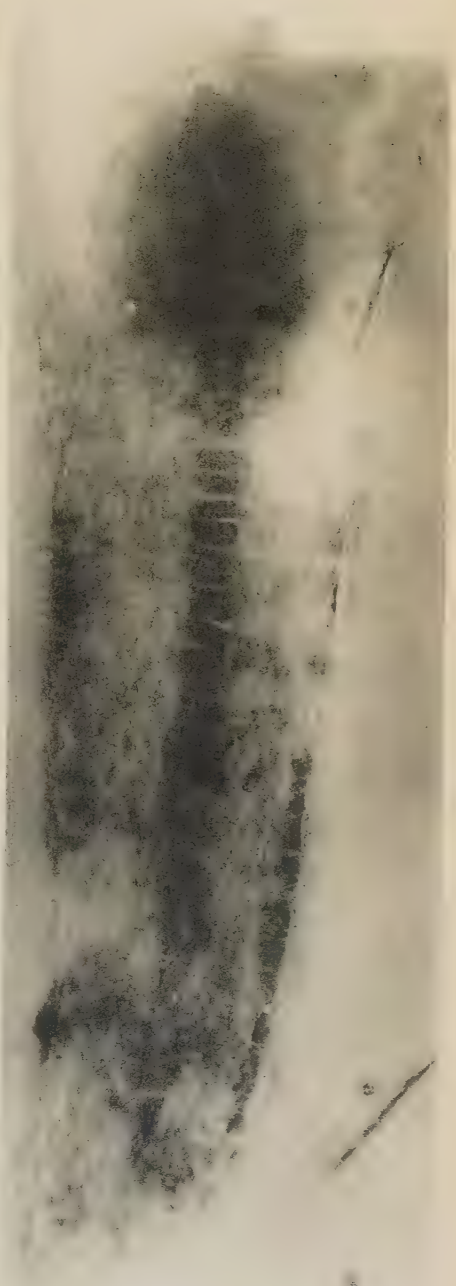


7





1



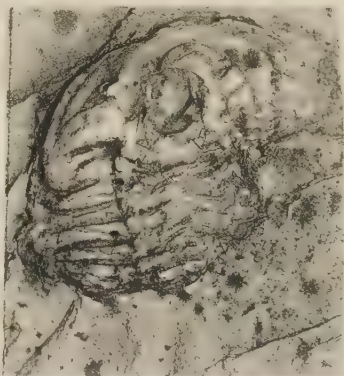
2



1



2



3



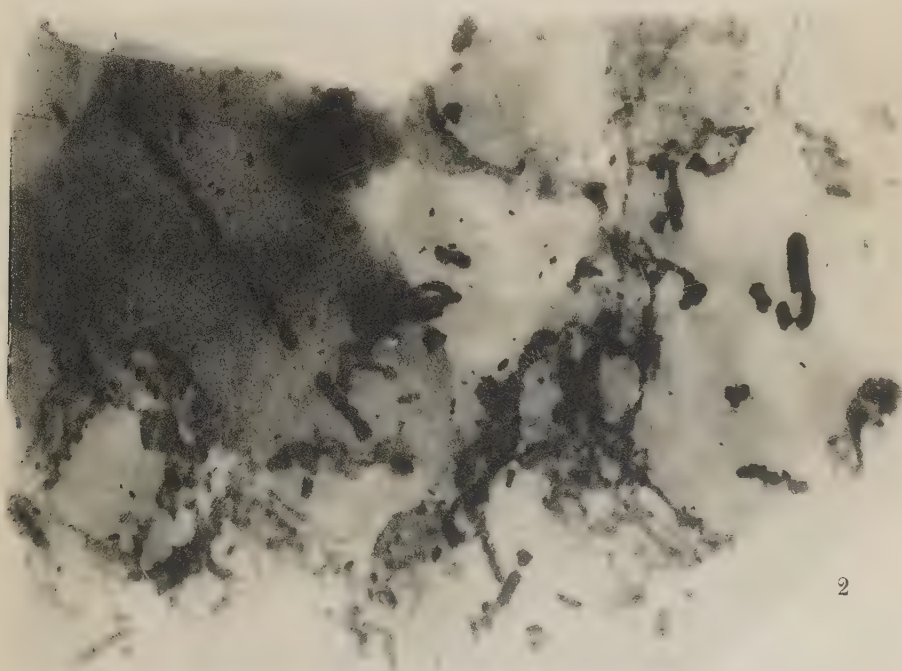
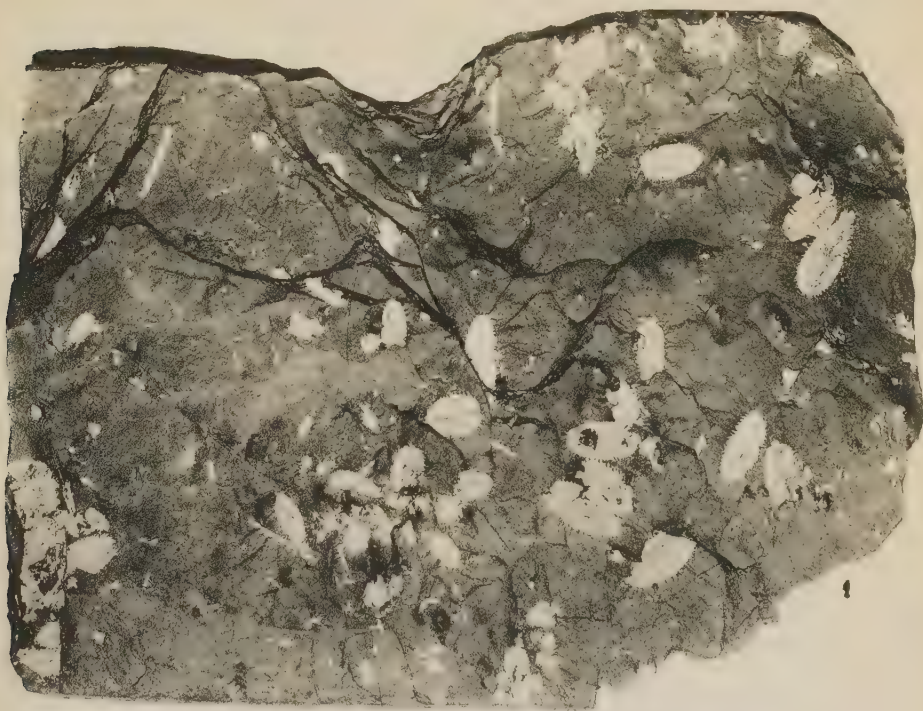
4

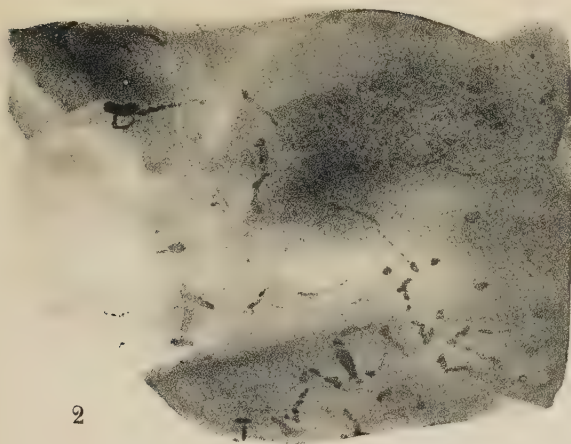


5

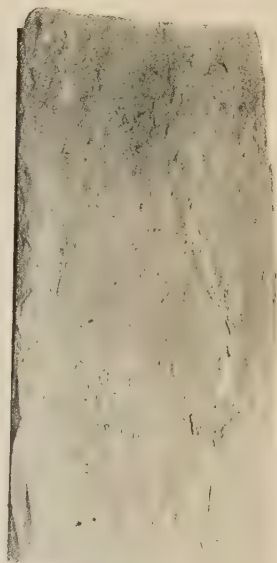




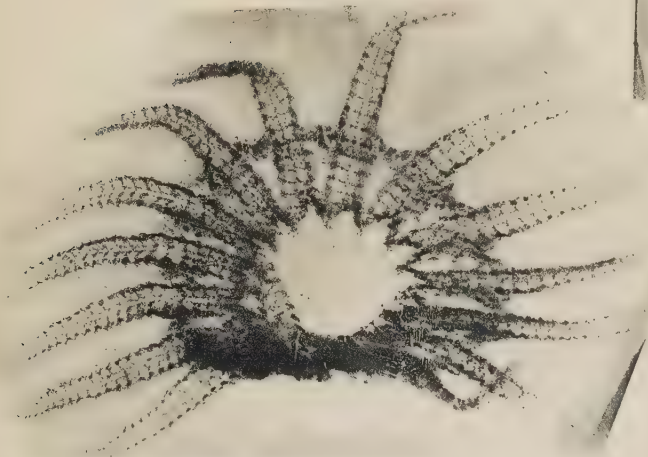




2



4



1



3



5



